



SAVONIA

RAKENNUKSEN TIETOMALLI RAKENNUSALAN PERUSTUTKINNOSSA

Antti Kolari

Opinnäytetyö

Ylempi ammattikorkeakoulututkinto

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Rakentamisen koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Antti Kolari	
Työn nimi Rakennuksen tietomalli rakennusalan perustutkinnossa	
Päiväys 3.5.2012	Sivumäärä/Liitteet 166/19
Ohjaaja(t) Rakentamisen tietotekniikan lehtori, FM, RI Viljo Kuusela	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savon ammatti- ja aikuisopisto	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyössä oli tavoitteena selvittää, voidaanko rakennuksen tietomallia hyödyntää rakennusalan toisen asteen ammatillisessa peruskoulutuksessa, rakennusalan perustutkinnossa. Tavoitteena oli selvittää, mitä hyötyjä saavutetaan, jos tietomalli otetaan osaksi oppilaitoksen rakennusprosessia, jos tietomallia käytetään oppilaitoksen rakennustyömaalla ja perustutkinnon ammattitaitovaatimusten saavuttamisessa. Lisäksi selvitettiin edellytykset, joilla tietomalli voitiin tuoda oppilaitoksen rakennusprosessiin. Tietomallintaminen on osa rakennusprosessia. Muutamat rakennusliikkeen ovat ottaneet rakennuksen tietomallin tukemaan rakennusprosessia.</p> <p>Tutkimuksessa tehtiin kirjallisuuskatsaus, jossa käytettiin tieteellistä, tutkimusongelmaan soveltuvaa aineistoa. Aineistona käytettiin sekä kotimaista että ulkomaista kirjallisuutta. Tarkoituksena oli jäsentää ja syventää olevaa informaatiota tietomallintamisesta ja rakennusalan perustutkinnosta uudesta näkökulmasta.</p> <p>Tietomallintamisessa ja rakennusalan perustutkinnossa oli liittymäkohtia, kuten maininta sähköisen tiedonsiirron käyttöönotosta. Tutkimuksessa löydettiin ne edellytykset, joilla tietomallintaminen voidaan ottaa osaksi oppilaitoksen arkea, rakennusprosessin eri vaiheissa, oppilaitoksen rakennustyömaalla ja talonrakentajan ammattitaitovaatimusten saavuttamisessa. Rakennusprosessissa tietomallia voitiin käyttää päätöksenteon perustana, rakennustyömaalla tuotannon ohjauksessa ja ammattitaitovaatimusten saavuttamisessa tehtävän havainnollistamisessa, materiaali-, mitta- ja sijaintitiedon hakemisessa. Tutkimuksen validiteetin parantamiseksi tuotettiin alustava rakennusosamalli pientalosta.</p>	
Avainsanat rakennuksen tietomalli, rakennusalan perustutkinto, talonrakentaja	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering			
Author(s) Antti Kolari			
Title of Thesis Building Information Model in Vocational Qualification in Construction			
Date	3 May 2012	Pages/Appendices	166/19
Supervisor(s) Mr Viljo Kuusela, Lecturer			
Client Organisation/Partners Savo Vocational College			
Abstract <p>The objective of this thesis was to find out if it is possible to make use of the building information model in the second level vocational education of construction engineering, i.e. in the basic degree. The aim was to find out the benefits if the information model becomes a part of the building process of the college, if the information model is used on the training sites of the college and if BIM is used for achieving vocational qualifications of the basic degree. Furthermore, the conditions for taking the BIM in the building process of the college were clarified. Information modelling is a part of the building process. Some construction companies have brought BIM into use to support the building process.</p> <p>The literature review of the study consisted of scientific material applicable in this research problem. Both Finnish and foreign literature was reviewed. The idea was to analyze and to amplify the existing information of BIM and the basic degree in construction engineering from a new point of view.</p> <p>There were points in common between the BIM and the basic degree in construction engineering, as for example the reference to the introduction of electronic data transmission. As a conclusion of the study the conditions were found under which the building information modelling can be taken into the every day life of the college, as a part of the stages of a building process, on the training site of the college as well as in achieving the vocational qualifications of house building professionals. The BIM could be used as a basis for decision-making in the building process, as production guidance on building site and in achieving the vocational qualifications by demonstrating the task, looking for the information of materials, measures and location. To improve the validity of the study a preliminary structural model of a one-family house was produced.</p>			
Keywords Building Information Model, Vocational Qualification in Construction, Builder			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	9
1.1	Tausta	9
1.2	Savon ammatti- ja aikuisopisto.....	11
1.3	Tutkimuksen tavoite.....	11
2	KESKEISET KÄSITTEET JA TEOREETTISET TAUSTAT.....	12
2.1	Rakennuksen tietomalli, BIM	12
2.1.1	Tietomallin ja -mallintamisen filosofia	13
2.1.2	CAD:n kehitys ja tiedonsiirto.....	18
2.1.3	Tietomallin yhteiskäyttö	29
2.1.4	Tietomallintamisessa käytettäviä ohjelmia.....	32
2.1.5	Rakennuksen tietomalli ja Lean ajattelu.....	35
2.1.6	Talo 2000 -järjestelmä tietomallissa	36
2.1.7	Tietomallintamisen tutkimus	38
2.1.8	Tietomallintamisen tilanne Suomessa	42
2.2	Tietomalli rakennusprosessissa.....	45
2.2.1	Tietomallintamisen mahdollisuudet, hyödyt ja haasteet.....	45
2.2.2	Osaaminen, oppiminen ja asenne.....	51
2.2.3	Mallintamisen vaiheistus.....	55
2.2.4	Tietomallipohjainen määrä- ja kustannuslaskenta	62
2.2.5	Tietomalli rakennustyömaalla.....	64
2.3	Rakennusalan perustutkinnon tutkinnon perusteet ja tietomalli	81
2.3.1	Rakennusalan perustutkinnon tavoitteet	81
2.3.2	Tutkinnon osien ammattitaitovaatimukset ja keskeinen sisältö	82
2.3.3	Tietoyhteiskuntakehittäminen ja rakennusalan perustutkinto	87
3	TUTKIMUS.....	92
3.1	Tutkimuksen tavoitteet, lähtökohdat ja relevanssi	92
3.2	Tutkimustehtävät, -ongelmat ja -kysymykset.....	95
3.2.1	Tutkimusasetelma: menetelmät ja aineiston hankinta	97
3.2.2	Kirjallisuuskatsaus	98
3.2.3	Tutkimuksen rajaus	99
3.2.4	Tutkimuksen toteutus	100
4	TULOKSET, TALONRAKENTAJAN TIETOMALLI	102

4.1	Tietomalli oppilaitoksen rakennusprosessissa	102
4.1.1	Virtuaalirakentaminen.....	103
4.1.2	Rakennushankkeesta tietomallinnettavaan prosessiin	104
4.1.3	Lean ja tietomallipohjainen rakennusprosessi	108
4.1.4	Haasteita oppilaitoksen rakennusprossin toteuttamiselle	108
4.2	Tietomalli tutkinnon perusteissa	117
4.2.1	Tietomallintaminen tutkinnon tavoitteissa.....	117
4.2.2	Tietomallintaminen tutkinnon osissa	124
4.2.3	Muita tietomallintamisen etuja talonrakentajalle.....	140
5	POHDINTA	144
5.1	Tietomallin mahdollisuudet ja haasteet opettajalle.....	144
5.2	Mitä BIM voi olla?	145
5.3	Jatkotutkimus.....	147
5.4	Itsearviointi.....	148
5.5	Tutkimuksen luotettavuus	150
	KUVIEN JULKAISULUVAT	154
	LÄHTEET	155
	TAUSTA-AINEISTO	163
	LIITTEET	

Liite 1 Rakennusalan perustutkinnon perusteita

ALKUSANAT

Rakentaminen on muutoksessa. Opettajuus on muutoksessa. Oppiminen on muutoksessa. Muuttuuko kirjoittaja? Rakentamiseen on tulossa vasaran rinnalle digitaaliset järjestelmät. Opettaminen tapahtuu yhä enemmän luokan ulkopuolella. Oppimista tapahtuu opettamisesta riippumatta.

Tässä tutkimuksessa rikottiin yksi ”perusinsinöörin” raja, luovuttiin ”putkiajattelusta”. Tutkimuksessa ei hyödynnetty insinöörille tutumpia tarkkoja menetelmiä, vaan tuotettiin yleiskatsausta tutkimusongelmasta. Katsauksen tuloksena syntyi talonrakentajan-tietomalli.

Tutkimusta ei olisi koskaan tehty ilman lehtori Viljo ”Ville” Kuuselan ”BIMimäisiä” tuntejia. Hän osaa haastaa opiskelijat. Kirjoittaja kiittää Villeä, asiantuntevasta ja laadukkaasta ohjaustyöstä, kirjoittaja ei varmaan ole helpoimpia ohjattavia. Viestinnän opettaja Jarna Aromaa-Laamasta kiitetään suomen kielen kiemuroiden selventämisestä, ”mukkaillen vai mukkaellen”? Lisäksi työkaverini ansaitsevat kiitokset työni tukemisesta ja rakentavasta palautteesta. Ilman Reijoa olisin pysynyt ”oikeana” insinöörinä ja Karin 60 opintopistettä kannustivat työn loppuun saattamisessa. Kiitokset ansaitsevat ne mallintamisen edelläkävijät, jotka luovuttivat kuvansa pyyteettömästi käyttööni.

Suurimmat kiitokset ansaitsee perheeni. Ilman vaimoni Erjan tukea ei tämä tutkimus olisi koskaan valmistunut. Kannustus, ruokahuolto ja henkisen tasapainon ylläpitäminen on vähintäänkin yhtä tärkeitä kuin kirjoittaminen.

Kuopio

1.5.2012

Antti Kolari

1 JOHDANTO

Rakennuksen tietomallia ollaan ottamassa käyttöön rakennustuotantoteollisuuden yrityksissä, kun sitä on totuttu tuotannon näkökulmasta pitämään suunnittelun työvälineenä. Tuotannon toteutustasolla, fyysisen työn toteuttajilla, talonrakentajilla, ei vielä ole käsitystä tietomallista, -mallintamisesta ja sen mahdollisuuksista ja haasteista. Havaintojen perusteella rakennustyömailla mallia, näkymiä, on käytetty havainnollistamisen, kuten talotekniikan visualisointiin. Tässä yhteydessä ovat talonrakentajatkin olleet tekemisissä mallin näkymän kanssa. Koulutuksen järjestäjän ja oppilaitoksen rakennustyömaiden kannalta mallintamista ei ole myöskään tutkittu.

1.1 Tausta

Rakennusalan perustutkinnon tutkinnon perusteet on uudistettu vuonna 2009. Työn tilaajan, Savon ammatti- ja aikuisopiston, on tullut koulutuksen järjestäjänä tutkinnon perusteiden mukaan selvittää kuuluuko rakennuksen tietomallintamisen opiskelua ja sen käyttöä oppimisessa oppilaitoskohtaiseen opetussuunnitelmaan. Tietomalli on rakennusalan toisen asteen ammatillisessa koulutuksessa uusi työväline. Tietomalli (tuotemalli) esiintyy ensimmäistä kertaa tutkinnon perusteissa rakennusalan ammatin kuvauksessa ja arvoperustassa (Opetushallitus (myöh. OPH) 2009, 264).

Rakennusalaa, ja varsinkin sen tuotantosektoria, on pidetty usein konservatiivisena, osin kehittymättömänä teollisuuden alana, jossa kerran opittua ei ole ollut tarvetta päivittää. Rakennusteollisuuden tuotantotehtävissä (Samuelsson 2008; Kiviniemi ym. 2005) ei ole juurikaan totuttu hyödyntämään tietotekniikkaa aivan viime vuosia lukuun ottamatta. Ensisijaisesti käyttämättömyys on ehkä aiheutunut asenteesta, joka viitsii opetella uutta, kun vanhoillakin menetelmillä pärjää. Toinen merkittävä seikka tietotekniikan hyödyntämättömyyteen on ollut ohjelmien ja ylipäättään tietokoneen käytön vaikeus. Vanhemmat ikäluokat ”pelkäävät” tietokonetta. Vaikka on uskaltauduttu otamaan tietokone ohjelmineen käyttöön, on orastaneen kiinnostuksen tuhonnut tietojärjestelmien toimimattomuus tai vaikeakäyttöinen ohjelmisto. Tietotekniikan käytön yleistymiseen on vaikuttanut myös osaltaan työmaalla tapahtunut työnjohdon nuorennusleikkaus, nuorilla tietotekniikan valmiudet ovat aivan eri tasolla kun eläköityväällä ikäluokalla. Voisiko mallintamisen hyödyntämiseen liittyvät tarpeet ilmetä tuotannon

työntekijöiden vaatimuksesta? Toimisiko tietomallin käyttöön tottunut talonrakentaja ”tulenkantajana”?

Mihin kaikkeen pystytäänkään nykyteknologian avulla (kuva 1)? Nyt jo voidaan tietoa käsitellä virtuaaliympäristössä, dokumentoida tapahtumia, mallintaa tulevaa ja liittää tietoon aika-funktio (4D) ja kustannusfunktio (5D) ja hetken päästä laatufunktio (6D) ja sitten (nD). Tulevaisuudessa voitaneen katsella ”kännykästä” seuraavat työvaiheet, työvaiheeseen liittyvät laatu- ja turvallisuusvaatimukset, hinnoitella työurakka ja ilmoittaa toteutuneet työntekijätunnit. Rakennustyömaan työnjohdon työvälineeksi kehittyneestä virtuaalimaailmasta voitaneen jatkokehittää talonrakentajan virtuaalimaailma. Robottitekniikka, jota hyödynnetään jo infrarakentamisessa, lienee sekin tulossa talonrakennustyömaalle?



KUVA 1. Lisätty todellisuus rakennustyömaalla, soveltaminen (muokattu lähteestä Woodward 2010)

1.2 Savon ammatti- ja aikuisopisto

Työn tilaaja on Savon ammatti- ja aikuisopiston rakennusala. Savon ammatti- ja aikuisopistoa ylläpitää Savon koulutuskuntayhtymä, joka on perustettu v. 2003. Lisäksi se ylläpitää Varkauden lukiota ja Savon oppisopimuskeskusta. Savon koulutuskuntayhtymän liikevaihto on n. 90 milj. € (2010). Opiskelijoita on opetussuunnitelmaperusteisessa koulutuksessa n. 5 900 ja näyttötutkintojärjestelmän mukaisessa koulutuksessa n. 1800. Henkilökuntaa on n. 1 100, josta opetushenkilöstöä n. 700. (Savon koulutuskuntayhtymä 2010.)

Savon ammatti- ja aikuisopisto toimii Pohjois-Savossa. Alueellaan se on koulutuksen järjestäjänä lähes monopoliasemassa toisella asteella. Koulutusta järjestetään yhdeksällä paikkakunnalla, rakennusalan perustutkintoon johtavaa koulutusta järjestään opetussuunnitelmaperusteisena koulutuksena Kuopiossa, Siilinjärvellä ja Varkaudessa. Rakennusalan koulutus on jaettu hallinnollisesti ”nuorten ja aikuisten” koulutukseen. Opiskelijoita rakennusalan perustutkintoon johtavassa koulutuksessa on n. 220. Opetushenkilöstöä opetussuunnitelmaperusteisessa koulutuksessa on n. 15 opettajaa ja kaksi ammatinohjaajaa. Oppilaitos perustajaurakoi muutamaa omakotitaloa ja rivitaloa, joissa tapahtuu osaltaan teorian ja käytännön yhdistäminen, oppiminen ja sen perusteella tapahtuva osaamisen osoittaminen.

1.3 Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, voidaanko tietomallinnettua rakennusprosessia ja tietomallia hyödyntää rakennusalan toisen asteen ammatillisessa peruskoulutuksessa. Työssä lähestytään tietomallinnettua rakennusprosessia ja tutkinnon perusteita kolmesta näkökulmasta. Ensimmäiseksi tarkastellaan mitä mallinnettu rakennusprosessi tarkoittaa koulutuksen järjestäjän (työn tilaajan) tasolla. Toiseksi tutkitaan, miten tietomallia voidaan hyödyntää oppilaitoksen omilla rakennustyömailla, osana rakennusprosessia. Kolmanneksi siirrytään opiskelijan näkökulmaan, mitä ja miten tuleva talonrakentaja voi liittyä mallinnettuun rakennusprosessiin ja hyödyntää tietomallia muun muassa ammattitaitovaatimusten saavuttamisessa. Työssä tuotetaan ”Talonrakentajan tietomalli”, joka on käsitteitä, mahdollisuuksia, edellytyksiä eri näkökulmista, kuitenkin pitäen mielessä koulutuksen järjestäjän tärkein tehtävä: ammattitaitoisten työntekijöiden tuottaminen alan tarpeisiin!

2 KESKEISET KÄSITTEET JA TEOREETTISET TAUSTAT

Tutkimuksen keskeisiä käsitteitä ovat rakennuksen tietomalli, tietomalli rakennusprosessissa, tietomalli rakennustyömaalla ja rakennusalan perustutkinto. Käsitteisiin sisältyy runsaasti alakäsitteitä, joita täsmennetään ammatillisen toisen asteen koulutuksen kannalta seuraavassa.

2.1 Rakennuksen tietomalli, BIM

Tietomallintamisen perustutkimusta on tehty Suomessa jo 1980-luvun lopulta. Tietomallintamiseen perustuvia toiminta-, menettely- ja tiedonhallintatapoja on alettu ottaa käyttöön useissa yksittäisissä rakennushankkeissa 2000-luvun alusta. Yksittäisistä pilottihankkeista ollaan tällä hetkellä siirtymässä kohti uusia toimintatapoja, joiden vaikutukset ulottuvat koko rakennusalaan. (Kuusela 2008, 53; Penttilä ym. 2006a.)

Rakennusallalla on puhuttu aikaisemmin rakennuksen tuotemallista; tuotemalli eli tuotetietomalli (*product model, product data model*) kuvaa rakennuksen rakenteen ja sisältää sen tuottamiseen, suunnitteluun ja rakentamiseen sekä käyttämiseen tarvittavan tiedon. Tiedoista muodostetaan kolmiulotteinen digitaalinen malli, joka sisältää tiedot rakennuksesta, rakentamiseen käytetyistä tuotteista ja tuotteiden ominaisuuksista. Tietomallin sisältämiä tuote- ja ominaisuustietoja voivat olla esimerkiksi valmistaja, tuotetunnisteet, mitat, materiaalit, pintakäsittelyt, ennakoitu käyttöikä, lujuusluokka, lisävarusteet sekä fysikaaliset tuotevaatimukset kuten laatu-, palonkesto-, ääneneristävyys- ja lämmöneristävyysvaatimukset ja sijaintitiedot. (Penttilä 2006a.) Tietomallista saadaan tällöin älykkäämpi kuin esimerkiksi 2D-paperisuunnitelmasta. Viime aikoina käytössä on yleistynyt englanninkielinen termi: building information model (*BIM*), joka kuvaa hyvin sitä, että tuotemalli on nimenomaan rakennuksen tietojen malli. (Penttilä ym. 2006a.) Nykyään käytetään yksinomaan termiä tietomalli, joskaan sitä tai muutakaan mallintamiseen liittyvää terminologiaa ei ole standardisoitu.

Eastman ym. (2008, 7) ovat käyttäneet kirjassaan, BIM Handbook, termistöä seuraavasti:

we have intentionally and consistently used the term "BIM" to describe an activity (meaning building information modeling), rather than an object (building information model).

BIMillä siis kuvataan tarkoituksellisesti ja johdonmukaisesti toimintaa, ei niinkään kohdetta (objektia), mikä sopii BIM-termin käyttöön hyvin. Kun BIMiä käsitellään tässä opinnäytetyökontekstissa, käytetään käsitteen laajempaa merkitystä, prosessinomaista näkökulmaa.

2.1.1 Tietomallin ja -mallintamisen filosofia

Hietasen (2006, 26) mukaan rakennuksen tietomalli -nimi kuvaa paremmin suunnittelun näkökulmaa mallintamiseen kuin tuotemalli. Kysymys ei suunnittelussa ole pelkästään rakennukseen liittyvien eri tuotteiden kokoamisesta yhteen. Tuotemalli on yksi tietomallin erikoistapaus; tuotteen tietomalli. Oikeastaan pitäisi puhua "datamallista" koska tietokone käsittelee dataa.

Tieto-sana käsitteenä

Tieto-sana on käsitteenä mielenkiintoinen sen mukaan, mistä näkökulmasta sitä tarkastellaan. *Tieto* on klassisen filosofisen määritelmän mukaan *hyvin perusteltu tosi uskomus*. Oppimisen näkökulmasta tieto muodostuu vasta kun datasta syntynyttä informaatiota on käsitelty mielessä ja sen perusteella muodostettu uskomus asiasta jolloin informaatiosta muodostuu tietoa (kuva 2). Tietokoneessa tai sen kovalevyllä ei voi olla tietoa, tieto on ihmisen ominaisuus. Tällöin "informaatiomalli" on käyttökelpoinen käsite. *Data*, sana on monikkumuoto sanasta datum, on jotain sellaista, johon ei välttämättä liity mitään merkitystä; joka ei ole ehkä millään tavalla tulkittavissa informaatioksi ja omaksuttavissa tiedoksi. *Informaatio* on sellaista dataa, johon on liitetty tai johon on liitettävissä jokin merkitys tai tulkinta. Pieni osa kaikesta informaatiosta on luonteeltaan sellaista, että se on oppimisen ja omaksumisen avulla muunnettavissa *tiedoksi*. Muuntumisen mahdollisuus riippuu sekä informaation luonteesta että oppijan edellytyksistä, aistien toiminnasta, kielitaidosta, aikaisemmin omaksutuista

tiedoista. (Niiniluoto 1996.) Kuusela (2008) on todennut vastaavan prosessin seuraavasti: datasta tulee informaatiota, joka taas muuttuu tietämykseksi.

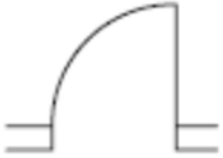
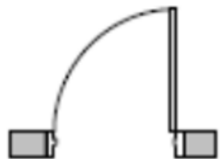




KUVA 2. Datan muuttuminen tiedoksi "tietämisen portailla" (muokattu lähteistä Kuusela 2008; Hietanen 2005; Niiniluoto 1996)

Hietasen (2005, 29) mukaan tietomallit ovat yksinkertaistettua todellisuutta eli mallintamalla luodaan likiarvoja todellisuudesta. Suunnitelma on tällöin likiarvo rakennettavasta rakennuksesta. Likiarvoja voi kuitenkin olla monentasoisia. Kaikki rakennuksen pienimmätkin yksityiskohdat voidaan mallintaa mutta tällöin mallin muunneltavuus kärsii. Tietomallin ei tulisi siis olla tarpeettoman tarkka. Mikä taas on liian tarkka, onkin vaikeammin määriteltävissä. Onko malli liian tarkka, jos siitä löytyy jo alustavassa rakennusosamallissa huoltotasot (Mäkeläinen 2007, 7) rakennuslupavaiheessa? Ohjeeksi tarkkuudessa voidaan antaa: mallinna minkä olet suunnitellut, toisin sanoen ei pidä mallintaa sitä mitä ei tiedä. Tarpeettomien "arvausten" sisällyttäminen malliin aiheuttaa tarpeetonta työtä ja pahimmillaan voi johtaa vääriin päätelmiin esimerkiksi arkkitehti talotekniikka(TATE)mallin välillä, koska TATE-suunnittelija sijoittaa iv-koneet tilaan, joka ei ole rakenteellisesti oikeassa paikassa eli rakennesuunnittelija ei ole vielä tarkastanut ja/tai suunnitellut iv-konehuonetta.

Tietokoneet, ohjelmat, jäsensivät dataa eri tavoin kuin ihminen (kuvat 3 ja 4). Tietokoneet ja niiden ohjelmat käsittelevät aina tarkasti rajattua, jäsennettyä ja yksinkertaistettua osaa todellisuudesta. Tietomallin rakenne määrää, mitä sen avulla voidaan mallintaa ja mihin sitä voidaan käyttää. Rakennuksen tietomallintamiseen tarkoitettula ohjelmalla ei voi mallintaa venettä vaikka molemmissa olisi ikkunat. Olennaista on ymmärtää miten ohjelma pystyy käyttämään tietomallissa olevaa tietoa. Tietokoneen ohjelman käyttämän tiedon tulee olla täsmällistä, toisin kuin ihmisen, joka pystyy yh-

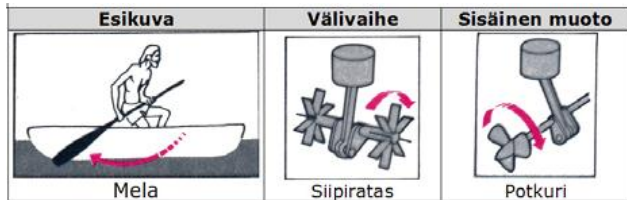
distämään sirpaletietoa ja muodostamaan siitä oman käsityksensä. Tietokone ei tähän pysty. Tietokoneelle suunnattu viesti tulee olla sen edellyttämässä muodossa joten käyttäjän on tiedettävä mitä tietokone tai sen ohjelma haluaa viestin sisältävän jotta se voi käsitellä sen. Tietokone ei, onneksi, vielä pysty tulkitsemaan käyttäjänsä ajatuksia, suunnitelmia. (muokattu lähteestä Hietanen 2005, 30).

Näkymä	Menetelmä	Ihmisen tulkinta	Tietokoneohjelman tulkinta
	Piirustuksen skannaaminen	Ovi	Kuvapisteitä
	Piirustuksen mallintaminen	Ovi	Viivoja ja kaaria
	Geometrian mallintaminen	Ovi	Pintoja ja kappaleita
	Rakennuksen mallintaminen	Ovi	

KUVA 3. Tietomallintaminen (muokattu lähteestä Hietanen 2005)

Tietomallit erottavat *tiedon* ja sen *esitystavan* toisistaan. Datalla ei ole omaa esitystapaa. Tietomallissa olevalla datalla voi olla rajaton määrä eri esityksiä, *näkymiä*. Tietomallilla voi olla siis yhdestä äärettömään näkymään. Yhden näkymän erikoistapaus on esimerkiksi sähköinen asiakirja. Tietomallin ytimellä on kyky tallentaa tietomallin rakenteen mukaista dataa. Näkymät puolestaan sisältävät sääntöjä, joiden avulla data esitetään. Data haetaan aina samasta lähteestä. Tällä varmistetaan se, ettei kahden näkymän tieto voi olla ristiriitaista. Muutettaessa suunnitelmia muutetaan läh-

teessä olevaa dataa, jolloin muutos "näky" kerralla kaikissa näkymissä (kuva 5). Miten vastaava muutos päivittyy 2D -suunnitelmiin? Yhteen näkymään se muutetaan ja kaikkiin muihin se voi jäädä päivittymättä. (muokattu lähteestä Hietanen 2005, 31.)



KUVA 4. Piirtämisestä tietomallintamiseen (Hietanen 2005)

Hietasen (2005, 32) mukaan tietomallin alkiot pystyvät seuraamaan ympäristönsä tilaa ja sopeutumaan muutoksiin, ne ovat *aktiivisia*. Aikataulun tietomallissa yhden tehtävän keston tai resurssien muuttaminen voi muuttaa kaikkia tästä tehtävästä riippuvia tehtäviä. Samoin voi käydä kun siirretään yksittäistä seinää, tällöin seinäliitokset voivat katketa. Tietomallin mittakaavattomuus ja luotettavuus on omaa luokkaansa verrattuna ihmiseen. Tietomalli ei välitä työtaakan kasvusta ja mutkikkuuden lisääntymisestä. Tietomalli ei kuitenkaan pysty kaikkeen, mikä tulee ottaa huomioon mallinnettaessa.

Tietomallissa olevaa tietoa, dataa, päästään muuttamaan *käyttöliittymän*, vuorovaikutteinen näkymän kautta. Näkymässä tehdyt muutokset palautuvat tietomalliin. Teoriassa mikä tahansa näkymä voi toimia käyttöliittymänä. Yhdessä näkymässä tehty muutos välittyy muihin näkymiin. Käyttöliittymällä on keskeinen asema tietomallien käytettävyyteen. Sen käytön joutuu opettelemaan, kun sen on kerran tehnyt, palvelee se jatkossa käyttäjää monipuolisesti tietomallin käytössä. Tietomalleja voidaan kopioida ja muuttaa helposti, ne ovat *muokattavia*. Tietoa pystytään muokkaamaan lähes miten tahansa, vain luovuus asettaa tälle rajan. Tietomalli ei myöskään kulu käytössä. Muutokset tehdään mallin sisältämään dataan eikä jokaiseen näkymään erikseen. (Hietanen 2005, 33.)

Tietomallit käsittelevät aina rajattua osaa todellisuudesta, tällöin ne *rajaavat* tietomallin käyttäjän, suunnittelijan/talonrakentajan *mahdollisuuksia*. Mahdollisuuksien rajaaminen tarkoittaa sitä, että tietomallia käytävällä on käytössään valikoidut työkalut. Rajaaminen on tässä kontekstissa ymmärrettävä positiiviseksi asiaksi. Tietokoneet ja

niiden ohjelmistot eivät yleensä tee virheitä, ne ovat *luotettavia*. Ainoastaan käyttäjän voi tehdä virheen, joko osaamattomuuttaan tai ymmärtämättömyyttään. Tietomallin *mittakaavattomuudella* tarkoitetaan ilmiötä, jota kutsutaan skaalautuvuudeksi. Skaalautuvuudelle asettaa rajat käytettävän järjestelmän laskentateho, olipa malli tietomäärältään kuinka suuri tahansa. Tietomalleilla ei ole myöskään paperin tai piirustuslustan koon aiheuttamia rajoituksia, ne voidaan lisätä malliin. (Hietanen 2005, 34.)

Tietomalleja tietoineen voidaan siirtää edullisesti ja nopeasti, ne *eivät* ole *paikkaan sidottuja*. Lisäksi ne voivat *keskustella* keskenään tietoverkon välityksellä. Tietomallin käyttö mahdollistaa etätyön ja vähentää tiedon välitykseen liittyviä kustannuksia ja viiveitä. Myös kommunikoinnin muoto muuttuu sähköisen tiedon siirtämiseksi, kuten kirjeposti on muuttunut sähköpostiksi. (Hietanen 2005, 35.)

Tietomalli on eräänlainen *kirjasto*, jossa tieto on jaettu *kortistoksi* eli kortiston tietomalliksi. Tietomalliin voidaan kehittää erilaisia näkymiä joiden avulla kortistossa olevaa tietoa voidaan hakea. Tietoa haettaessa täytyy kuitenkin määrittää mitä tietoa haetaan eli haulle tulee asettaa kriteerit. Satunnaissaanti mahdollistaa vanhojen projektien käytön referenssiprojekteina eli sopivan työkalun avulla voidaan löytää jo ker-
ran mallinnettu asia käytettäväksi, muokattuna, uudelleen. (muokattu lähteestä Hietanen 2005, 36.)

Tietomalli ja suunnittelu

Hietanen (2005) esittää seuraavia reunaehdoja mallintamiselle:

- *Mallinna aina sitä asiaa, mitä suunnittelet.*
- *Mallinna vain ne asiat, jotka olet suunnitellut.*
- *Pidä kaikki tieto mallissa.*
- *Pidä kaikki tieto yhdessä, mutta ei välttämättä samassa mallissa.*
- *Ota huomioon viestin vastaanottaja.*
- *Vältä epätoivoista kilpailua.*
- *Arvosta tietomallia.*

Noudattamalla edellä mainittuja ohjeita on mallintaminen tehokasta. Mallintaminen voi olla parhaimmillaan merkittävä edistysaskel rakennushankkeen toteuttamiselle. Väärin ymmärrettynä mallintamisesta voi tulla ylimääräinen rasite jo muutoinkin tiu-

kassa suunnitteluaiakataulussa ja pahimmillaan voi käydä niin, että mallinnetaan vain kun sitä vaaditaan.

2.1.2 CAD:n kehitys ja tiedonsiirto

CAD ja graafiset mallit

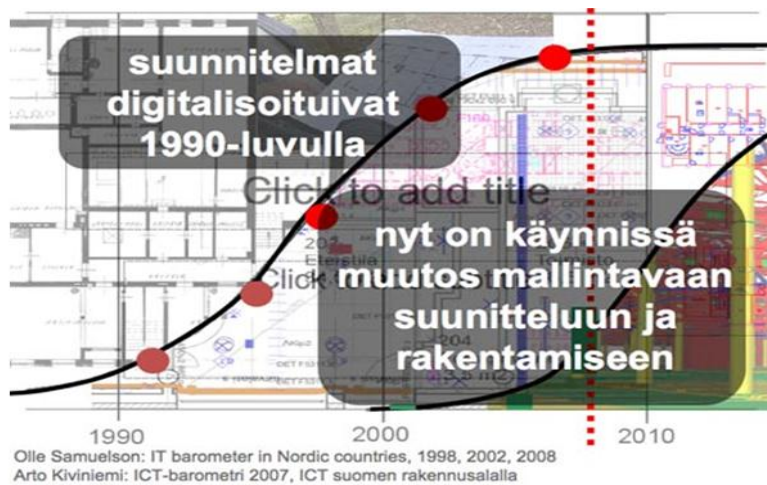
Eastmanin ym. (2008) mukaan ensimmäisen CAD (Computer Aided Design) -järjestelmän kehitti vuonna 1963 Ivan Sutherland, joka kehitti graafisen laitteiston ja ohjelmiston nimeltään "Sketchpad". Ensimmäinen kaupallisen CAD-järjestelmän valmisti Computervision Corporation vuonna 1969. CAD-järjestelmät ovat seuranneet tietotekniikan kehitystä. Kehityksen esteenä tai veturina ovat olleet prosessorien, näyttöjen teknologian ja ohjelmistojen sekä algoritmien kehittyminen (Anttonen 2008, 8.)

Laakon ym. (1998) mukaan CAD-järjestelmissä piirustus, kuva, esitetään 2D-suunnitelmana, x ja y-koordinaatit samalla tasolla tai 3D-suunnitelmana, z-koordinaatisto mukana. Lisäksi kuvat voidaan piirtää pelkistä vektoreista, pintojen avulla tai käyttäen niin sanottua tilavuusmallinnusta. Kolmiulotteiseen (3D) esitykseen viivamalli, "rautalankamalli" eli vektoreiden avulla piirretty malli, ei sovellu kovinkaan hyvin, koska esitys ei ole yksiselitteinen. Lisäksi 3D-rautalankamallien muodostaminen on hankalaa ja aikaa vievää. (Anttonen 2008, 8.)

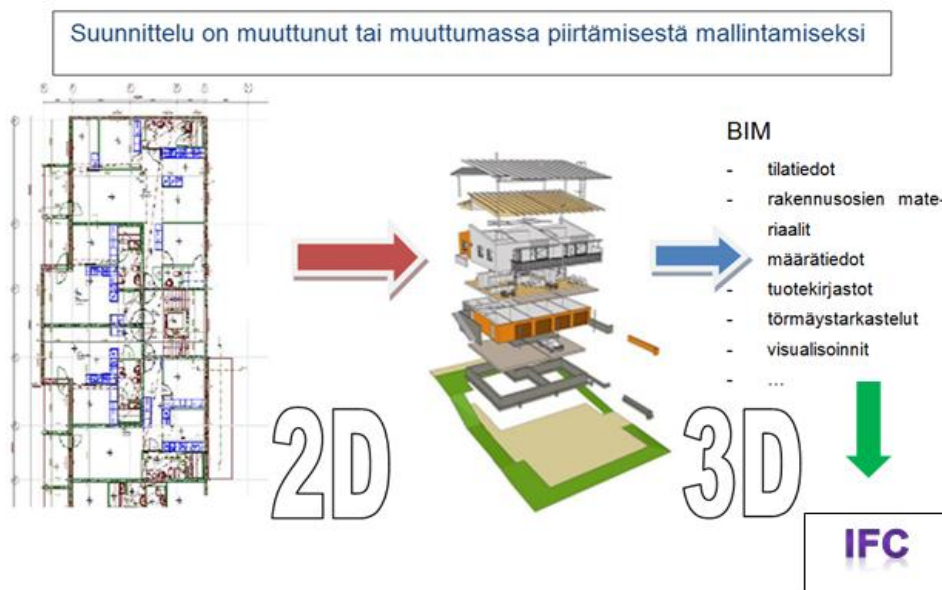
Laakon ym. (1998) mukaan tilavuusmallit (solid models) kehitettiin alun perin graafisten mallien ongelmien ratkaisemiseksi. Näitä ongelmia ovat muun muassa tiedon moniselitteisyys, epätäydellisyys ja rajoittunut sovellettavuus. Tilavuusmallit pyrkivät olemaan "täydellisiä" kappaleiden kuvauksia, siis riittäviä vastaamaan algoritmisesti mihin tahansa geometriaa koskevaan kysymykseen. Tilavuusmallintamisen kannalta kappale on kolmiulotteinen Euklidisen avaruuden, n-ulotteisen reaalikertoimisen vektorivaruuden osajoukko, joka on kuvattavissa matemaattisen mallin avulla. Kappaleen matemaattisen mallin pohjalta luodaan tilavuusmalliesitys. Koneenrakennusalan tilavuusmallinnus on paljon käytetty ratkaisu. Rakennusalan CAD-sovelluksissa tilavuusmallinnusta käytetään harvemmin. Rakennusalan CAD-sovelluksissa pinnat ovat useimmiten suhteellisen yksinkertaisia, suorakaiteen muotoisia pintoja. Edellä mainitut mallit: rautalankamalli, pintamalli ja tilavuusmalli ovat

kaikki pohjimmiltaan kuitenkin geometrisia malleja eli niissä määritellään miten CAD-kuva ilmaistaan graafisesti. (Anttonen 2008, 9.)

Tiedon muoto on kehittynyt viimeisinä vuosikymmeninä paperista sähköiseen tiedon siirtoon ja tieto on siirtynyt paperista digitaaliseen muotoon, esimerkiksi suunnittelu on muuttunut piirtämisestä mallintamiseksi (kuvat 5 ja 6). Tiedon siirtäminen on yksi keskeisimpiä haasteita tietomallinnetussa rakennushankkeessa.

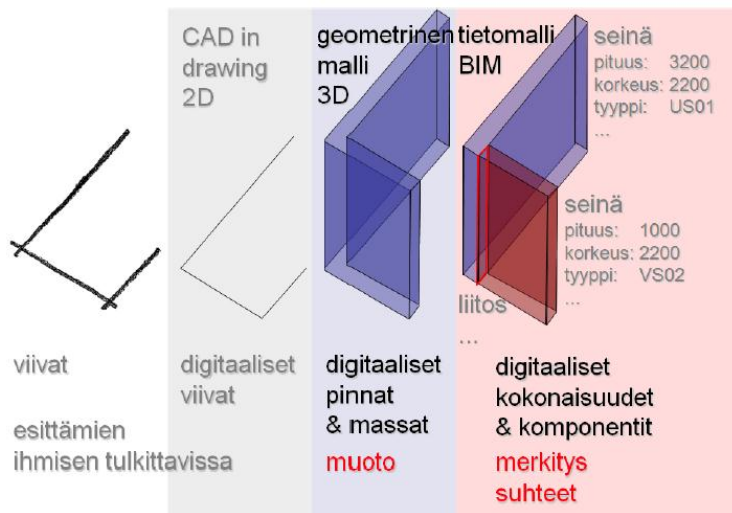


KUVA 5. Paperista malliin -muutos (Penttilä 2009)



KUVA 6. Suunnittelumaailman muuttuminen (muokattu lähteestä Ruotsalainen 2010; Skanska 2010a)

Penttilä (2009) on kuvannut CADin (*computer aided design*) kehitystä kuvassa seitsemän. Tussiviivoista on siirrytty parin vuosikymmenen aikana digitaalisiin kokonaisuuksiin ja komponentteihin, joille on mahdollista luoda sekä merkitys että suhteet. Mihin kehitys johtaakaan tulevina vuosikymmeninä? Tieto viedään robottiin työmaalle joka hoitaa tunnottomasti ympäri vuorokauden väsymättä mallista hakemiaan tehtäviä.



KUVA 7. Cad-järjestelmien kehitys (Penttilä 2009)

Tiedonsiirto rakennusprosessissa

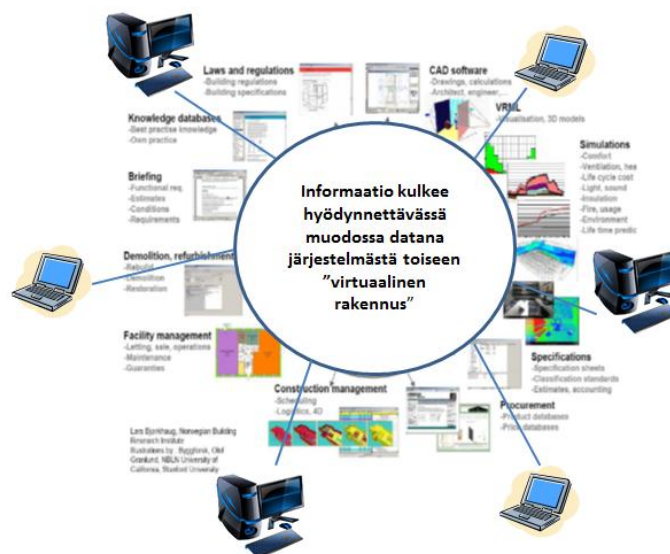
Rakennusprosessissa on ensiarvoisen tärkeää sopia osapuolten välisestä tiedonsiirrostä ohjeistamalla se täsmällisesti. Projektikohtaisesti on määriteltävä kuka mitäkin tietoa tuottaa ja miten tieto siirretään osapuolelta toiselle jos tietomallia käytetään apuna esimerkiksi suunnitteluvaiheessa. Rakennusprosessia voidaan nopeuttaa ja tehostaa järkevällä tiedonhallinnalla.

Rakennushankkeissa tiedonsiirto tapahtuu edelleen dokumentti- ja 2D-pohjaisesti (kuva 8). Tietoa siirretään edelleen suunnittelijoiden välillä ristiin ja osassa projekteja tietovarastona hyödynnetään projektipankkeja. Tiedonsiirtoon kuluu aikaa, resursseja ja virheen todennäköisyys kasvaa. Tietomallipohjaisissa rakennushankkeissa on kehitetty datapohjaista tiedonsiirtoa (kuva 9), josta on havaittu olevan selkeää etua. Rakennuksen tietomallin tieto tuotetaan edelleen siten, että arkkitehti-, rakenne- ja erityissuunnittelijat (TATE ym.) käyttävät mallintamisessa oman alansa ohjelmia ja mallintavat omaa malliaan. Mallien yhdistämistä on kehitetty, mutta yhdistelmämallin tuottamisessa on edelleen tiedonsiirtoon liittyviä haasteita. Yhteisen tietomallin käytöstä

ollaan vielä kaukana (Valjus 2010.) Toimivaa tietomallipalvelinta ei vielä ole käytettävissä.



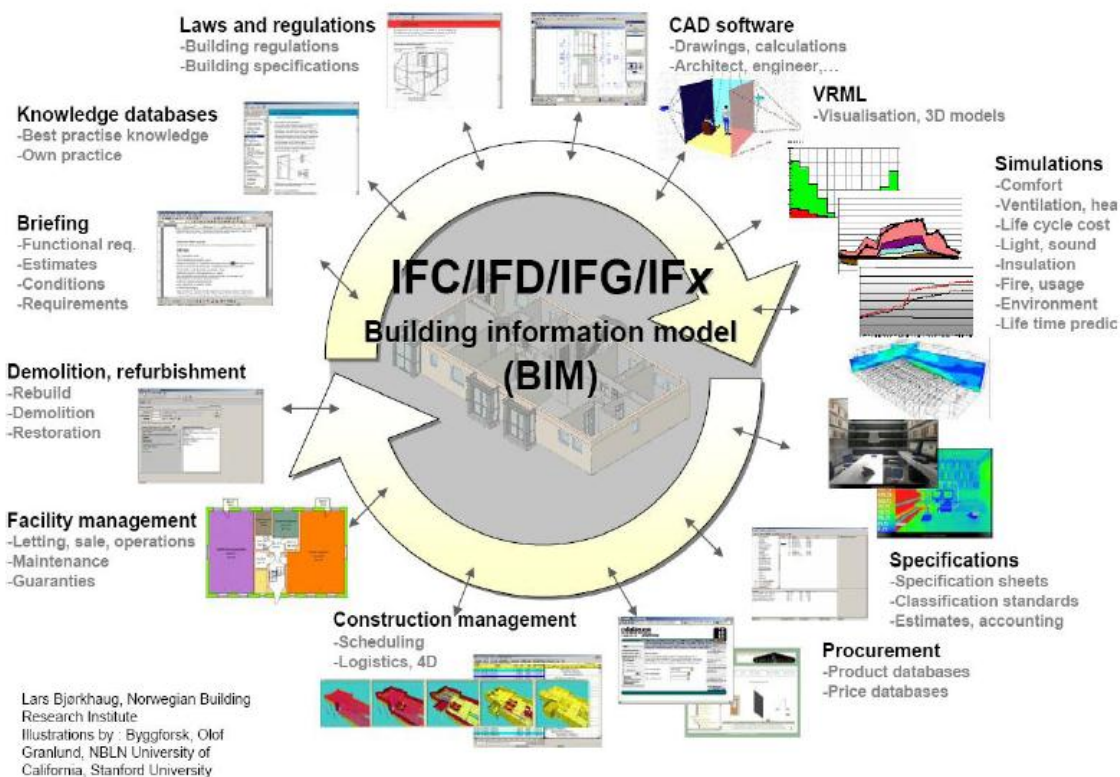
KUVA 8. Dokumentti- ja 2D-pohjainen prosessi (muokattu lähteestä Kiviniemi ym. 2007)



KUVA 9. Integroitu tietomallipohjainen prosessi (Kiviniemi ym. 2007)

IFC, IFD ja IDM

IFC-standardi (*Industry Foundation Classes*), (kuva 10) on kansainvälinen tiedonsiirto-standardi rakentamisen ja kiinteistöpidon eri tietojärjestelmien välillä (Penttilä ym. 2006a). IFC pyrkii kattamaan rakennushankkeiden ja rakennuksen koko elinkaaren ja eri osapuolien näkökulmat (Laine 2008). IFC 2 x 3:n kattamia, joskaan ei täydellisesti, rakentamisen ja kiinteistöpidon alueita ovat: rakennussuunnittelu (arkkitehtisuunnittelu), rakennesuunnittelu, talotekninen suunnittelu, rakentamisen valmistelu (tuotannon suunnittelu ja rakentaminen) ja kiinteistönpito (Laine 2008).



KUVA 10. Tietomallin tiedonsiirto-standardit (Danielsen 2007)

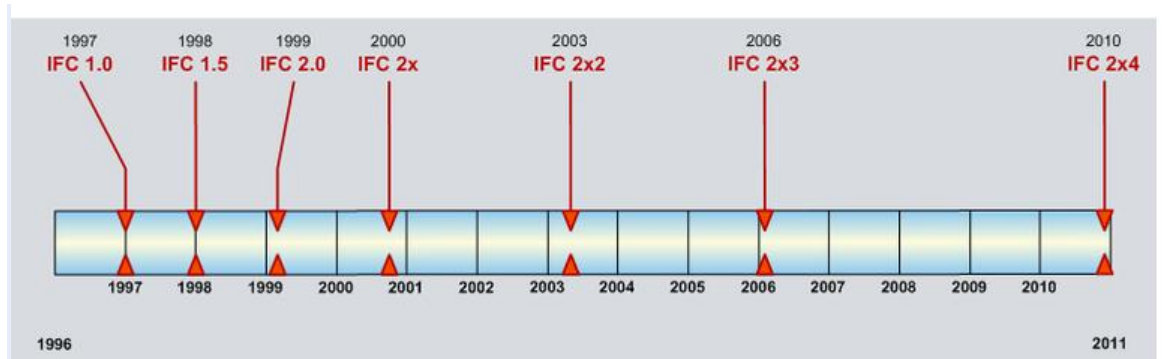
IFC määrittelee tietokonesovelluksista riippumattoman tavan siirtää kolmiulotteista tuotetietoa sovellusten välillä. Keskeinen IFC:n kehittämisen tavoite liittyy yhteentoinnivuuteen (*interoperability*) käsitteeseen, eli tietoa tulee voida tallentaa ja siirtää ohjelmien välillä ohjelmariippumattomasti. Kun tallennetaan tietoa IFC-tietomallin mukaisesti, kaikki tieto tallennetaan oliopohjaisesti, mikä on oleellista. (Penttilä ym. 2006b.)

Penttilän ym. (2006b) mukaan tavoitteena on tallentaa myös muunlaista tietoa eri olioihin, mitä graafisen tietomallin mukainen tieto on. Esimerkiksi talonrakennuksen-

sa, voitaisiin tallentaa eri piirto-objektit kuten ovi, ikkuna ja seinä tarkemmin, kuin mitä esimerkiksi rakentamismääräykset, rakennusvalvonta, Suomessa tällä hetkellä vaatii. Piirto-objekteihin voidaan tallentaa esimerkiksi rakennusmateriaalit, joita käytetään sekä esimerkiksi kaikkea muuta tietoa, mitä tarvitaan rakennuksen koko elinkaaren aikana.

IFC:stä ISO standardiksi

buildingSMART tietomalli on avoin, yhteisen tietokannan rakenne, skeema, teoria joka on aiemmin tunnettu nimellä *Industry Foundation Classes* (IFC). Yhteisen tietokannan skeeman avulla voidaan järjestää ja vaihtaa tietoja eri sovellusten välillä. Skeema sisältää tietoa, joka kattaa monia aloja ja jotka vaikuttavat rakennuksen koko elinkaaren ajan: sekä suunnittelun, rakentamisen ja käytön että peruskorjauksen tai purkamisen. Formaatti on rekisteröity ISO-standardiksi (ISO / PAS 16739) ja siitä on tulossa virallinen kansainvälinen standardi (ISO / IS 16739). IFC:n kehitys on esitetty kuvassa yksitoista. (IAL:n [www-sivut](http://www.sivut).)



KUVA 11. IFC:n kehitys (IAL:n [www-sivut](http://www.sivut))

IFD

IFD (*International Framework for Dictionaries*) on kansainvälisiin puitteisiin luotu tietokanta ("sanakirja"), standardi terminologiasta, johon on koottu kirjastoja tai ontologioita. IFD - kirjasto on yksi tärkeimmistä osista *buildingSMART*-teknologiaa, muut ovat IFC ja IDM / MVD. Kansallisia kirjastoja ovat kehittäneet ainakin Norja, Kanada, USA ja Hollanti. (RFIDLab:n [www-sivut](http://www.sivut).) Suomessa on kehitetty IFD-teknologiaa varten Rasi-tuotetietokanta.

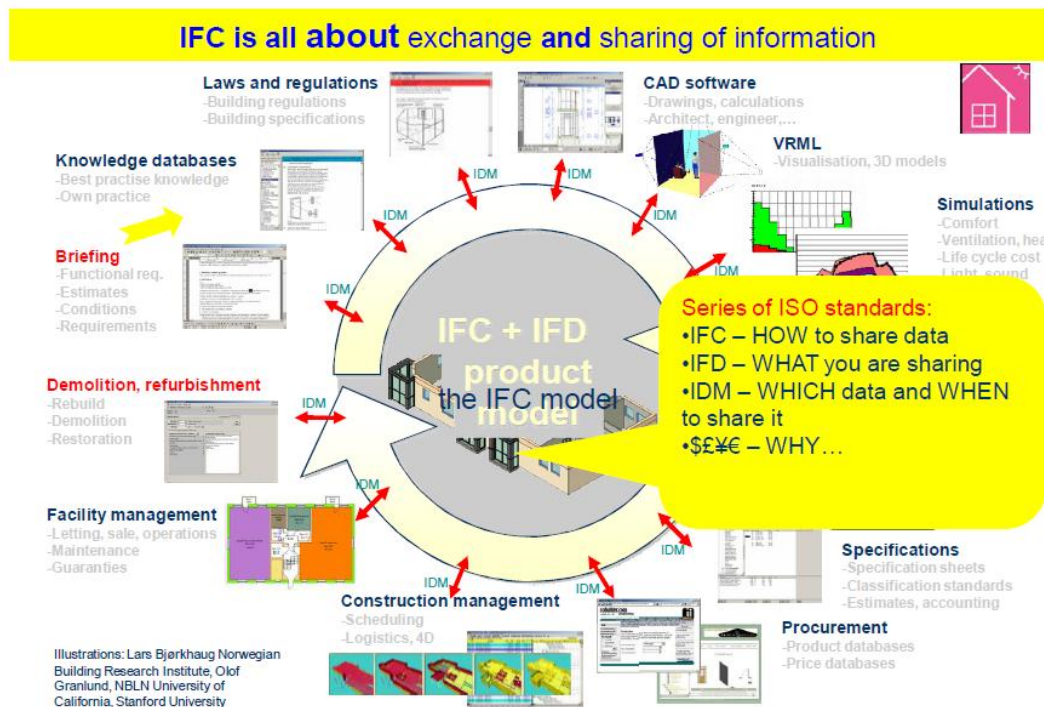
Tietojen toimituskäsikirja IDM (*Information Delivery Manual*)

Rakennuksen tietomallintaminen (BIM) on uusi lähestymistapa kuvata ja näyttää tiedot, menetelmät, joita tarvitaan rakennettavien/rakennettujen tilojen suunnittelun, rakentamisen ja käyttöön. IDM (kuva 12) tarjoaa rakennusprosessille viitekehyksen.

Kuitenkin, jotta voidaan käyttää BIMiä tehokkaasti ja sen hyödyt avattua, on viestinnän laatu eri toimijoiden kesken rakentamisen eri vaiheissa parannuttava huomattavasti. Jos tiedot ovat saatavilla, kun sitä tarvitaan ja tiedon laatua on tyydyttävä, rakentamisen prosessi itsessään parantuu merkittävästi. Jotta näin tapahtuisi, on oltava yhteinen käsitys rakentamisesta ja tiedosta, jota tarvitaan, ohjeet tiedon ja rakentamisen toteuttamisesta. (buildingsmart-www-sivut.)

IDM ”kaappaa” ja vähitellen integroi liiketoimintaprosesseja (kuva 12) mutta samalla sen avulla annetaan yksityiskohtaiset tekniset tiedot, joiden käyttäjä täyttää tietyn roolin. Roolit olisi sovittava hankkeen aikana. Tukeakseen edelleen käyttäjien tietojenvaihtoa vaatimusmäärittelyyn, IDM:ssä ehdotetaan myös joukkoa modulaarisia malleja toiminnoista, jotka voidaan käyttää uudelleen kehittämiseen tukien edelleen käyttäjien vaatimuksia. (buildingsmart-www-sivut.)

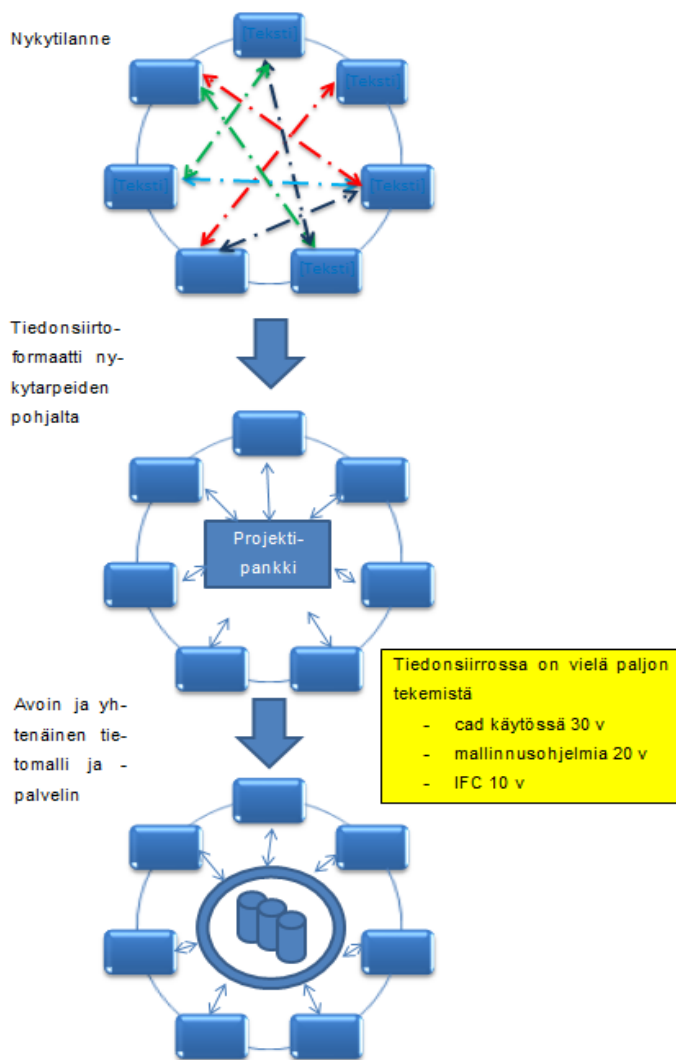
IDM:ään liittyy läheisesti mallin näkymän määritelmät (*MVD, Model View Definitions*). Käytännössä tämä voidaan kuvata IDM:änä, joka on muodollinen kuvaus liiketoimintaprosesseista ja MVD:nä, eli miten tämä toteutetaan ohjelmiston avulla IFC:nä. (buildingsmart-www-sivut.)



KUVA 12. Tietomallin tiedonsiirto IFC:n näkökulmasta (Danielsen 2007)

Tietomallipalvelin

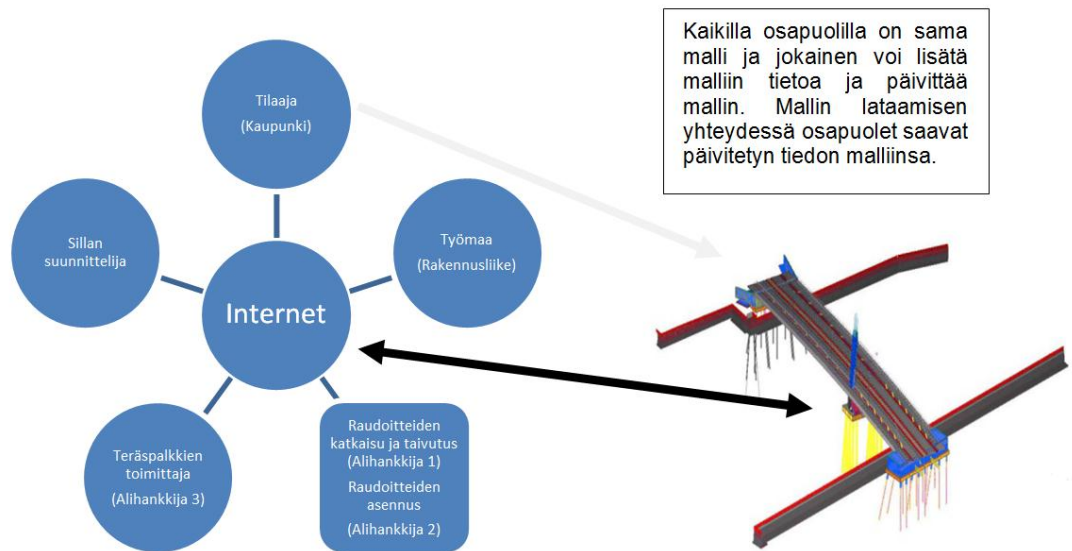
Tietomallipalvelin on eräänlainen ”musta-laatikko” ohjelmien välillä (kuva 13). Se tarjoaa tietomallien käyttäjien ohjelmille rajapinnan, käytännössä joukon käskyjä, toimintoja, joiden avulla tietoa siirretään. Palvelimen käyttämä sisäinen malli voi periaatteessa olla mikä tahansa. Se voisi jopa olla yhdistelmä eri tietomalleista, niin sanottu yhdistelmämalli. Toisaalta myös tiedonsiirto ohjelmilta palvelimelle ei ole sidottu yhteen formaattiin. (Lehtinen 2006, 21.)



KUVA 13. Tiedonsiirron tilanne ja tavoite (Mäkelä)

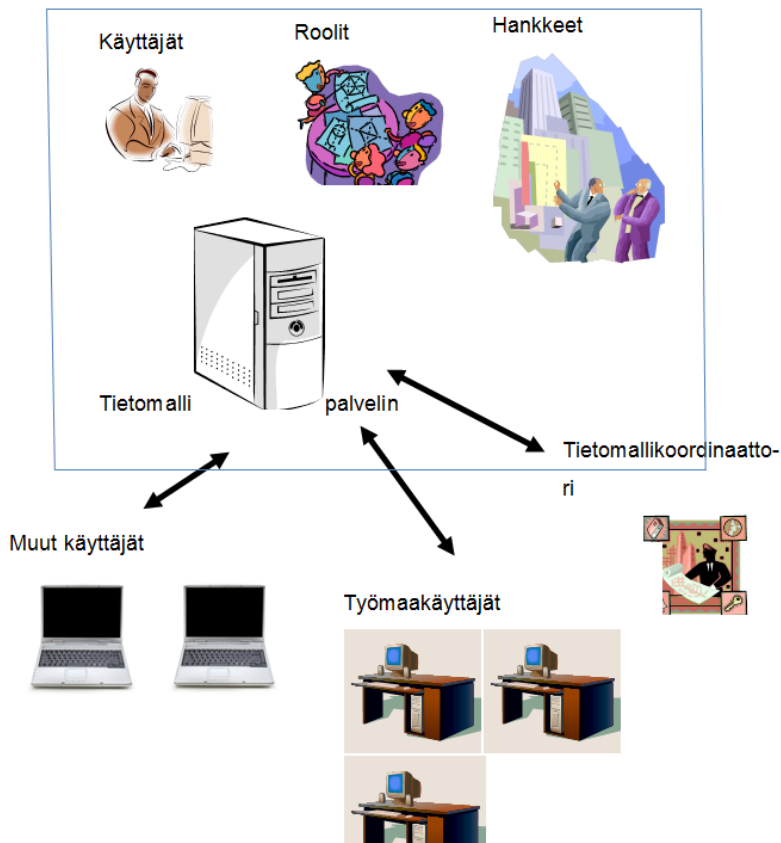
Tietomallipalvelimella saavutetaan Lehtisen (2006, 21) mukaan myös monia muita etuja. Tieto, joka on yhteistä kaikille käyttäjille, voidaan pitää yhdessä hyvin hallittavissa olevassa paikassa. Palvelimella voidaan hyvin hallita esimerkiksi erilaista historiatietoa, jakaa suunnittelutiimille vastuita ja oikeuksia, jotka ovat pelkän tiedostojen siirron avulla vaikea jos ei jopa mahdotonta toteuttaa. (Lehtinen 2006, 21.)

Kun tietomallipalvelimet ja niiden teknologia on valmis, saattaa se tarkoittaa sitä, että IFC:tä ei enää välttämättä tarvita tiedonsiirtoon. Mallin ja siirrettävän tiedon sisältö säilyy ennallaan, joten turhaa työtä yhteisen tiedonsiirtoformaatin, IFC:n, eteen ei ole tehty. Vain tiedon käsittelyn toteutustapa muuttuu. Ohjelmien ja palvelimen rajapinnan pitäisi olla jatkossakin kansainvälisesti ja avoimesti määritelty. (Lehtinen 2006, 22.)



KUVA 14. Tiedon synkronointi tällä hetkellä internetin yli (muokattu lähteestä Skanska/Koppinen 2010a)

Koppisen (2010a) mukaan tiedon yhteensovittamisessa on alettu käyttää internetin yli toimivaa järjestelmää, jossa mallia käyttävät rakennushankkeen eri osapuolet (kuva 14). Tietomalli päivittyy aina sen latauksen yhteydessä, mallissa päivittyy sekä suunnittelu- että aikataulutieto. Jokainen osapuoli voi päivittää mallia rajoitetusti. Suunnittelutieto päivitetään urakoitsijan malliin kerran viikossa. Alihankkijat käyttävät urakoitsijan hallinnoiman mallin tietoa. Sovellus on eräänlainen projektipankin jatke, jossa tieto haetaan palvelimelta. Kuvassa viisitoista on esitetty tietomallin palvelimen vaatimukset työmaan kannalta. Käyttäjät ja heidän roolinsa, oikeudet/velvollisuudet, mallin käytössä on sovittava tarkkaan. Prosesseissa tarvitaan toistaiseksi tietomalikoordinaattori, joka vastaa muun muassa niin mallien yhteensovittamisesta ja käyttöoikeuksien kuin vastuiden jakamisesta sovitun mukaisesti.



KUVA 15. Tietomallipalvelin työmaan kannalta (muokattu lähteestä Kilpeläinen 2010)

Pilviteknologia, hajautettu mallinnus

Haikosen (2012) mukaan, RYM Oy:n PRE-tutkimusohjelmassa, puhutaan pilvitekniologiasta ja pilvimalleista. Pilvimallissa tietoa ei tallenneta keskitetysti kuten yhdistelmämallisissa vaan tieto tallennetaan sen lähteellä. Lähteellä olevaa tietoa saa muuttaa vain sen luoja. Tiedosta jaetaan vain se, mikä on käyttökelpoista muille, Hietanen puhuu ”simplebimistä”. Pilvi toimii eräänlaisena reitittimenä, jonka kautta tietoa välitetään sen tuottajalta tiedon tarvitsijalle. Pilven ansiosta tieto näyttää tulevan yhdestä lähteestä, vaikka se on pilvessä hajautettuna. Hajautetun toimintatavan avulla voidaan hallita paremmin myös tekijänoikeuksia, koska toisen osapuolen malliin ei pääse käsiksi. Pilviteknologia, hajautettu mallinnus on vasta hypoteesin asteella. (Rautainen 2012; Hietanen 2012.)

2.1.3 Tietomallin yhteiskäyttö

Eastmanin (2008, 238) mukaan tietomallinnukseen liittyvää tekniikkaa ovat laserkeilaus, CNC (*Computerized Numerical Control*), GPS (*Global Positioning System*), ja RFID (*Radio Frequency Identification*) tagit. Laserkeilaamalla saadaan lähtötiedot olemassa olevasta rakennuksesta inventointimalliin. CNC/CAM (*Computer-aided manufacturing*) -tekniikka mahdollistaa tiedon tuomisen teollisuuden ”koneille” suoraan tietomallista, esimerkiksi elementtien valmistuksen. GPS-järjestelmää voidaan hyödyntää sijainti- ja mittatiedon hakemisessa ja viemisessä malliin ja mallista. RFID-tagit mahdollistavat reaaliaikaisen tiedon tuottamisen esimerkiksi logistiikkaketjussa. Jatkossa, kun kaikki rakennukset ja ympäristö on mallinnettu ja viety vaikka Google Earthiin, voidaan elää virtuaalimaailmassa jos niin halutaan. Tietomalliin voidaan linkittää attribuuttitietoa Rasista.

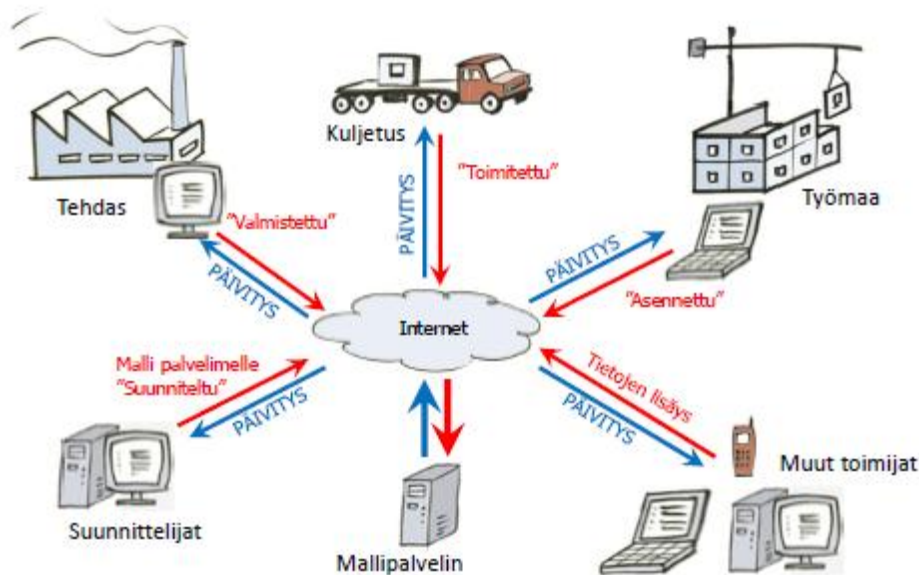
RFIDiä voidaan käyttää tietomallinnetussa rakennushankkeessa siten, että RFIDin tuottama tieto siirretään internetin yli tietomalliin (kuva 16), josta voidaan esimerkiksi löytää asennukseen tuleva tuote. Malliin voidaan ”säilöä” mm. tieto elementin asennusajankohdasta, asentajasta ja niin edelleen.

RFID, radiotaajuinen etätunnistus, on menetelmä tiedon etälukuun ja -tallentamiseen jossa käytetään RFID-tunnisteita, niin sanottuja tageja. RFID-tunniste, saattomuisti, on pieni laite, joka voidaan asentaa tuotteeseen joko valmistusvaiheessa tai liimata jälkikäteen tarrana. RFID-tunnisteet sisältävät antennin jonka avulla voidaan lähettää ja vastaanottaa radiotaajuisia kyselyitä RFID-lähetin-vastaanottimelta. (RFIDlab Finland ry www.sivut.)

RFIDin läpimurron ennustetaan tapahtuvan teollisuuden ja yritysten logistisiin haasteisiin vastaamisessa. RFIDin avulla on mahdollista saavuttaa etua prosessien tehostumisena, hävikkien vähentymisenä, työtehokkuuden kasvamisena ja asiakaspalvelun parantumisena.

RFID-tageilla voidaan logistiikassa seurata ajantasaisesti tavaraliikennettä, varastokiertoa sekä tehdä automaattista tunnistamista. Logistiikan suunnittelu ja ohjaus on mahdollista kohdistaa yksittäiseen tuotteeseen, ja esimerkiksi viallisten tuotteiden jäljitettävyyden helpottuu. RFID-tekniikkaa voidaan soveltaa muun muassa logistiikassa konttiliikenteen tunnistuksessa. Kontista, joka sisältää tagin, voidaan helposti selvittää

sen ID-numero, sisältö ja oven lukitus. Pian on mahdollista myös valvoa kontin sisältöön ja kuljetusten laatuun vaikuttavia asioita, kun tagin avulla saadaan tietoa lämpötilasta, kosteudesta, tärinästä, korroosiosta ja pilaantumisesta. (RFIDlab Finland ry:n www-sivut.)



KUVA 16. RFID rakennusteollisuuden prosessissa (Ikonen 2010)

Rakennusteollisuus on ottanut myös RFIDin käyttöön muutamissa pilottikohteissa (kuva 16). Sen hyötyjä ovat olleet tieto valmistuksessa elementin valmistuksen vaiheesta, kuljetuksen ajankohdasta ja sijainnista, asennusjärjestyksen suunnittelussa elementtien sijoittamisessa välivarastoon ja sijainnissa valmiissa rakennuksessa. Jokaisesta elementistä jää jälki tietokantaan, malliin, josta sen syntyjuurille voidaan tarvittaessa palata esimerkiksi ongelmatilanteissa. (Rajala 2010a.)

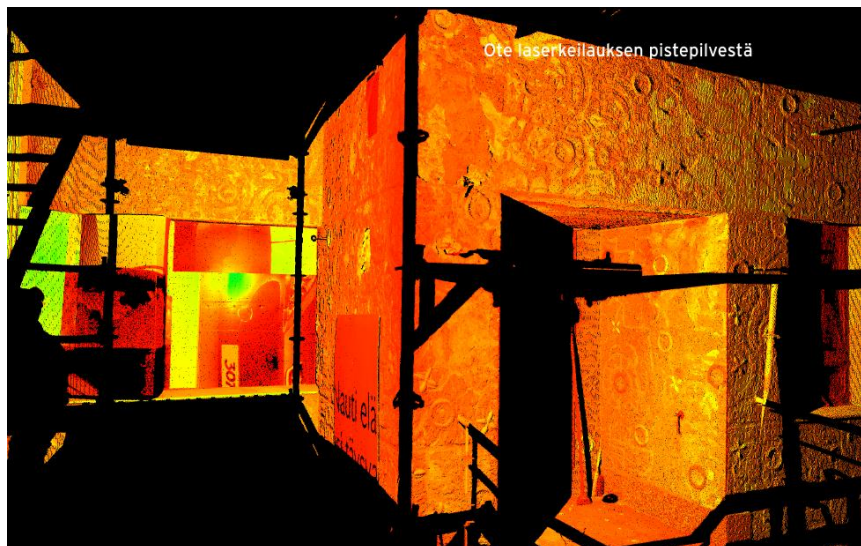
Laserkeilaus on mittaustapa, jolla mitattavat kohteesta saadaan lasersäteiden avulla tarkkaa kolmiulotteista mittatietoa kohteeseen koskematta. Laserkeilauksen avulla tuotettu pistepilvi voidaan siirtää suunnittelun pohjatiedoksi tietomalliin.

Keilauksen periaate on seuraava:

Laserkeilauksessa mittakeilain lähettää automaattisesti lasersäteitä tiheänä rasterina. Säteiden tiheys on säädettävissä, ja esimerkiksi rakennusmittauksessa se voi olla kohteessa alle kymmenen millimetriä,

kauempaa tapahtuvassa puusto- tai maastokartoituksessa esimerkiksi noin sata millimetriä. Säteen kimmotessa esteestä keilain mittaa etäisyyden ja säteen intensiteetin muutoksen, ja laskee kimmoamispisteen koordinaatit. (Joala 2006.)

Kohde keilataan yleensä useammasta suunnasta jotta vältetään niin sanotut katve-alueet. Keilaukset yhdistetään yhdeksi tiedostoksi. Tuloksena syntyy *pistepilvi* (kuva 17), kolmiulotteinen tietokonemalli, ”raakamalli”, johon on sijoitettu piste jokaisen säteen kimpoamispisteeseen. Lukuisten pisteiden avulla pistepilvestä saadaan hahmotettua mitatusta kohteesta kolmiulotteinen pinta. Pisteitä yhdessä pistepilvessä voi olla satoja miljoonia, jopa miljardeja. (Joala 2006.)



KUVA 17. Ote laserkeilauksen pistepilvestä (Rajala 2010)

Laserkeilausta on Joalan (2006) mukaan käytetty teollisuuslaitosten korjaussuunnittelussa, maaston korkeuskartoituksessa ja rakennusmittauksissa inventointimallien lähtötietoina. Nykyisin keilausta käytetään yleisesti esimerkiksi puuston kartoituksessa, arkeologiassa, sekä tielinjojen, tunneleiden ja siltojen mittauksissa. (Joala 2006.)

2.1.4 Tietomallintamisessa käytettäviä ohjelmia

Tietomallintamisessa käytettäviä ohjelmistoja on jo varsin paljon markkinoilla (kuva 18). Yleisimmin käytettyjä ohjelmia ovat seuraavat: Revit Architecture, Revit Structure, Tekla Structures ja Archicad. Ohjelmistotalojen ja ohjelmistojen määrä osoittaa, että mallintaminen kiinnostaa ohjelmistotaloja, jotka kehittävät ja tuottavat ohjelmia asiakkaiden tarpeisiin vai tuottavatko? Ohjelmien määrästä voidaan päätellä, IFC:stä huolimatta, että yhteensopivuusongelmia on siirryttäessä järjestelmästä toiseen.

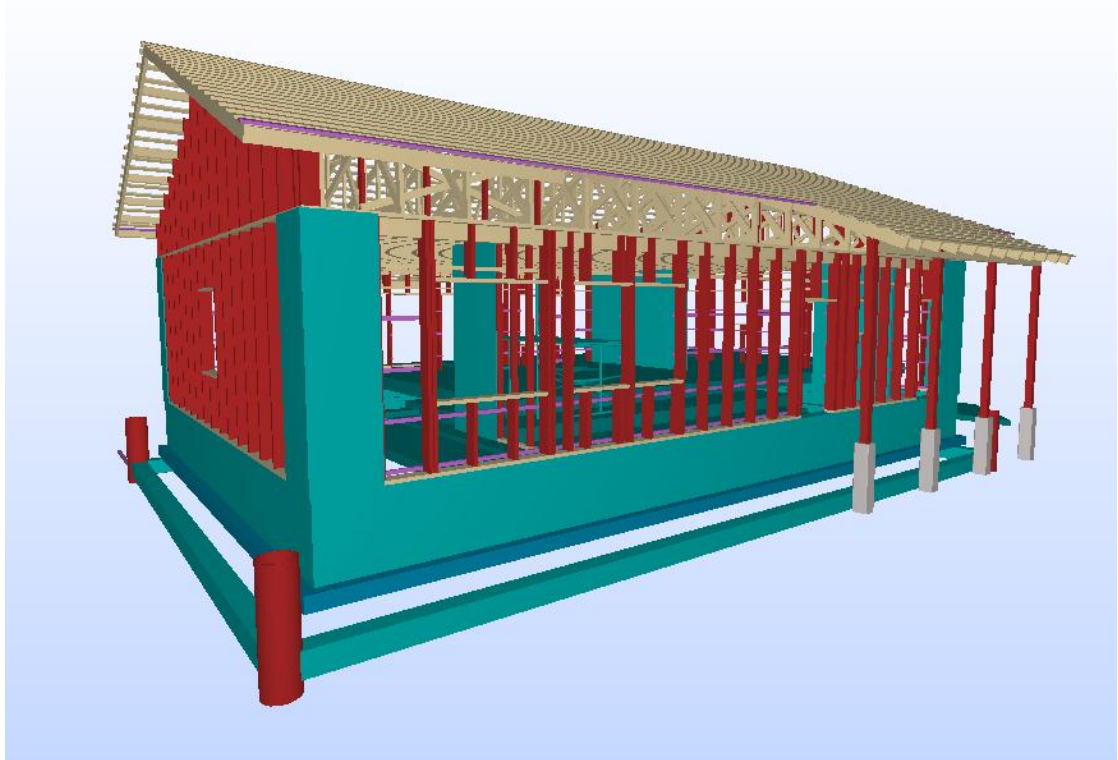


KUVA 18. Tietomallintamisen ohjelmistoja ja niiden toimittajia (Valjus 2010)

Tietomallin laadunvarmistusohjelmistot ja tiedon poimiminen mallista

Solibri Model Checker (kuva 19) on kehitetty tietomallien laadunvarmistukseen ja analysointiin. Solibrin tavoitteena on varmistaa; tiedon saatavuus, tiedon luotettavuus ja että tieto täyttää sille asetetut vaatimukset, kuten esimerkiksi tietomalli- tai es-teettömyysvaatimukset.

Solibri Model Checkerissä tietomallien vaatimustenmukaisuuden tarkastaminen eri näkökulmista perustuu tietomalliin ja sen sisältämään tietoon rakennusosista sekä tämän tiedon sääntöpohjaisen tarkastuksen - ”ymmärrykseen” tietomalleista, rakennuksista ja vaatimuksista. (Jauhiainen 2010, 18.)



KUVA 19. Näkymä Solibri Model Checkeristä, tieto ei siirry täydellisesti ohjelmasta toiseen IFC:stä huolimatta. Kuva Antti Kolari 2012

Autodesk® Navisworks® ohjelmistoratkaisujen avulla voidaan yhdistää rakennushankkeen materiaali yhdeksi 3D-malliksi, jota hankkeen osapuolet voivat käyttää joustavasti, hyödyntää ajasta ja paikasta riippumatta. Navisworks tukee Autodeskin ohjelmistojen lisäksi lähes kaikilla yleisesti tunnetuilla CAD-ohjelmistoilla tehtyjä malleja. AutodeskNavisworksReviewin avulla voidaan esimerkiksi liikkua mallissa, visualisoida ja tarkastella mallia. (Autodesk's www-sivut.)

Jauhiaisen (2010, 18) mukaan tietomallien sisältämän informaation hyödyntämiseksi ja tuomiseksi käyttäjien ulottuville helposti, nopeasti ja luotettavasti voidaan hyödyntää **Informaation talteenottoa, ITOa**. ITO:n avulla mikä tahansa tieto on poimittavissa tietomallista, suodatettavissa, visualisoitavissa ja raportoitavissa, reaaliaikaisesti ilman ohjelmointia ja hyödynnettävissä rakennushankkeessa missä vaiheessa tahansa.

Tietomallin katseluohjelmat

Tietomallia voidaan tarkastella myös (ilmaisten) katseohjelmien (*viewereiden*) avulla. Ohjelmat ovat ladattavissa internetistä ohjelmistotoimittajien sivuilta. Ohjelmien käyttö on yksinkertaista. Taulukkoon kaksi on koottu IFC-tiedonsiirtoa tukevia ohjelmistoja.

Taulukko 2. IFC-katseluohjelmia (muokattu lähteestä Aalto 2009, 11)

Valmistaja	Ohjelma
Graphisoft	ArchiCAD
Solibri Oy	Solibri Model Viewer
Nemetschek	Nemetschek IFC viewer
Data Design Systems	DDS-CAD viewer
TNO	IFC Engine Viewer
G.E.M Team Solutions	IFC Quick Browser
Tekla	TeklaBIMsight
Autodesk	Navisworks

Katseluohjelmien avulla mallissa voidaan liikkua, ottaa mallista ”ulos” esimerkiksi määrä-, sijainti- ja materiaalitietoja. Ohjelmistoyrityksistä esimerkiksi Tekla Oyj tarjoaa ilmaisohjelman, TeklaBIMsightin, tietomallin hyödyntämiseen rakennustyömaan johtamiseen, mallien yhteensovittamiseen ja törmäystarkasteluihin. Simulointiin on kehitetty ilmaisohjelmia, kuten IDA ESBO. (Siren 2011.)

Tiedon linkittäminen

RaSi-koodipankista on mahdollista ”linkittää” materiaalitietoa rakennuksen tietomalliin. Rasi ry ylläpitää RaSi-koodipankkia, joka muodostuu loogisesta tuoteryhmittelystä, toimittajarekisteristä ja tuotetietorekisteristä. Tuotetiedoista on edelleen linkkejä toimittajien tuotesivuille, kuten esimerkiksi käyttöohjeisiin, käyttöturvatiedotteisiin ja RT-kortteihin. Tuotteet ja tuotetiedot on ryhmitelty loogisesti informaation hakemisen helpottamiseksi. Koodipankin tavoitteena on toimia rakennusalaan avoimena tuotetietolähteenä ja edistää siten alan toimijoiden välistä tiedonsiirtoa. Koodipankki luo koko rakentamisen ketjulle mahdollisuuksia tehostaa toimintaa erityisesti logistiikassa. Se voi alentaa myös kynnystä siirtyä käyttämään sähköistä tiedonsiirtoa.

RaSi-koodipankki on avoin kaikille käyttäjille. (Rasi ry.) Kuvassa kaksikymmentä on esimerkki Rasi-tuotetietopankin käyttöliittymästä.



KUVA 20. Rasi tuotetietopankin käyttöliittymä

2.1.5 Rakennuksen tietomalli ja Lean ajattelu

Rakennusprosessi on tyypillinen projekti, sille on määritelty esimerkiksi projektille tunnusomainen alku- ja lopputilanne. Rakennusala varten on kehitetty Toyotan tuotantojärjestelmää (*TPS, Toyota Product System*) vastaava yleinen, projektipohjainen tuotantosysteemi (*Lean Project Delivery System, LPDS*).

LPDS kuvaa ne vaiheet, joiden avulla projekteja toimitetaan asiakkaalle. Kuhunkin vaiheeseen on kehitetty työkaluja ja metodeja, jotka auttavat hankkeen osapuolia eliminoimaan hukkaa projektitoimituksen aikana.
(muokattu lähteestä Haapasalo & Merikallio 2009, 5.)

Haapasalon ja Merikallion (2009) mukaan ”tehokkain tapa organisoida projekteja on rakentaa niin sanottu integroitua projektitiimejä, joihin kuuluu tilaajan, suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden edustajia. Tiimin tavoitteet muodostuvat asiakkaan tarpeista; oikea tuote, oikeaan hintaan ja sovitussa aikataulussa toimitettuna. Toinen merkittävä

yhteinen tavoite on hukan eliminointi projektitoimituksen aikana ja jakaa saatavat hyödyt projektiosapuolten kesken”. (Haapasalo & Merikallio 2009, 5.)

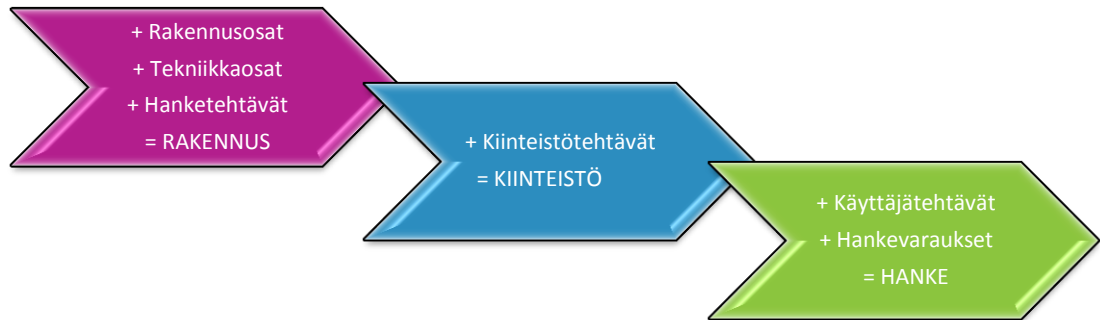
Haapasalon ja Merikallion (2009) mukaan ”Lean-mallia voidaan lähestyä kahdelta eri tasolta: strategiselta ja operationaaliselta. Leanin operationaalinen lähestymistapa jättää ottamatta huomioon johtamisjärjestelmän joka tukee sen toimintaa. Lean management (johtaminen) käsittää joukon periaatteita ja työkaluja, joita käytetään Lean-tuotannon valvomiseen, mittaamiseen ja ylläpitämiseen. Lean managementin peruskomponentit ovat esimiesten standardoitu työ, visuaalinen kontrollointi ja vastuu päivittäisistä prosesseista.” (Haapasalo & Merikallio 2009, 10.)

Lean ajattelun keskeisin tavoite on hukan, waste, arvoa tuottamattoman toiminnan vähentäminen projektin kaikissa vaiheissa. Hukkaa ovat kaikki tarpeeton projektin lopputuloksen kannalta. Hukka voi olla esimerkiksi aikaa, kustannuksia, laatua ja ylipäättään kaikkea tarpeetonta. Tavoitteena on muuttaa projektit työntöohjatuista imuohjetuiksi. (Haapasalo & Merikallio 2009, 10.)

2.1.6 Talo 2000 -järjestelmä tietomallissa

Talo 2000 -nimikkeistö on kansallinen, rakennusalan eri toimijoiden yhteistyönä tuotettu nimikkeistöjärjestelmä. Se on rakentamisen tiedonvaihdon, kuten tietomallintamisen, perusta kaikkien osapuolien käyttöön. Talo 2000 -nimikkeistön avulla yhteinäistään käytäntöjä ja parannetaan rakennusprosessin osapuolten välistä tiedonsiirtoa. Talo 2000 -nimikkeistö tukee itsessään tietomallipohjaista rakennusprosessia. Nimikkeistössä on lisäksi otettu muun muassa huomioon rakennuksen osien erilaiset elinkaaret. (Talo-nimikkeistöryhmä 2008, 5.)

Talo 2000 -nimikkeistö käsittää sekä kiinteistön että rakennushankkeen kokonaisuutena. Rakennuksen fyysinen kuvaus muodostuu rakennusosista ja tekniikkaosista. Muita nimikkeitä käsitellään joko tehtävinä tai kustannuksina. (Talo-nimikkeistöryhmä 2008, 9.) Rakennus, kiinteistö ja hanke ovat kumulatiivisia summia edeltävistä ryhmistä, kuten kuvassa kaksikymmentäyksi on esitetty.



KUVA 21. Rakennushankkeen muodostuminen Talo 2000 -nimikkeistön mukaan (Talo-nimikkeistöryhmä 2008, 9.)

Talo-nimikkeistöjärjestelmä muodostuu Yleisselosteen (2008) mukaan seuraavista osanimikkeistöistä:

Tilanimikkeistö jäsentää rakennuksen itsenäisiksi huoneistotyypeiksi ja tilatyypeiksi. Tilat vastaavat rakennuksen huoneistoihin sijoittuvia tyypillisiä toimintoja.

Hankenimikkeistö on rakennushankkeen toteutukseen ja ohjaukseen käytettävän tiedon peittävästi kustannusten näkökulmasta luokitteleva nimikkeistö. Hankenimikkeistö jakaantuu osiin, jotka kuvaavat fyysisiä rakennus- ja tekniikkaosia sekä tehtäviä, kuten hanke-, kiinteistö- ja käyttäjätehtäviä.

Tuotantonimikkeistö erittelee hankkeen hankintoihin, toimituksiin ja tehtäviin, työlajeihin, toimi- ja ammattialoihin, hankinnan ja tuotannon näkökulmasta. Tuotantonimikkeet kattavat hankenimikkeistön rakennusosien ja tekniikkaosien rakentamisen. Tuotantonimikkeistön soveltamiseen on kehitetty vastikään mittausohje, jossa on ohjeet urakoitsijan omia sekä urakoitsijan ja tilaajan yhteisiä mittauksia varten.

Rakennustuotenimikkeistö (panosnimikkeistö) on rakennuskohteeseen pysyvästi asennettavien tai työn aikana loppuun kuluvien hyödykkeiden luokitteleva nimikkeistö. Nimikkeistö on yhdenmukainen rakennustuotekaupan (RaSi) käyttämän nimikkeistön kanssa.

Kalustonimikkeistö (panosnimikkeistö) on rakennuskohteen toteuttamiseksi tarvittavien koneiden, laitteiden ja välineiden luokitteleva panosnimikkeistö. Rakennuskalusto ei jää osaksi rakennusta. Talo 2000:ssa kalusto jaetaan erityiskalustoon, joka kohdistetaan nimikkeelle ja yleiskalustoon, joka käsitetään työmaatehtävänä.

Hankenimikkeistö on Talo 2000 -nimikkeistön tietomallintamisen kannalta oleellisin osa. Rakennus jaetaan hankenimikkeistössä talonrakentajan ja toteutuksen kannalta järkeviin tuotannollisiin kokonaisuuksiin (Archicad tuotemallintamisohje 2007, 4).

2.1.7 Tietomallintamisen tutkimus

Suomessa on tutkittu ja tutkitaan edelleen laajasti rakentamisen tietomallintamista, Suomea pidetään yleisesti tietomallintamisen tutkimuksessa yhtenä edelläkävijänä. Norja on Suomen kanssa tasoissa tietomallintamisen tutkimuksessa ja USA seuraan hyvänä kolmosena. Suomalaisten osaamisesta lienee loistava esimerkki äskettäin toteutunut Tekla Oyj:n osakekannan siirtyminen amerikkalaisomistajille (Mannila 2011). Merkittävimpiä kansallisia tutkimuksia ovat olleet muun muassa VERA-hanke (1997–2002), ProIT-hanke (2000–2004), INFRA – Rakentaminen ja palvelut -teknologiaohjelma (2001–2005), SARA (2003–2007), KETJU (2007–2009). Meneillään olevalta RYM:n hallinnoimalta PRE-ohjelmalta odotetaan paljon.

VERAssa tutkittiin tietoverkottunutta rakennusprosessia siten, että tietotekniikkaa pystyttäisiin hyödyntämään kiinteistö- ja rakennusalan prosesseissa ja saada rakennusta koskevat tiedot hallintaan rakennuksen elinkaaren ajaksi (VERA-hankkeen [www-sivut](http://www.sivut)).

ProIT -hankkeessa (2006) kehitettiin tuotemallipohjaisen rakennusprosessin kehittämisen ja sen tiedonsiirron mallintamisen, tuotemallintamisessa tarvittavien suunnitteluohteiden määrittämisen ja objekti kirjastojen mallirakenteiden luomisen (Kuusela 2008, 18).

INFRA – Rakentaminen ja palvelut -projektissa infrarakentajien käyttöön kehitettiin tietomallintamisen yhteiskäyttöstandardeja ja luotiin ohjeistoa tietomallintamisen hyödyntämiseksi (Infra-model [www-sivut](#)).

SARA – Suuntana arvoverkottunut rakentaminen -teknologiaohjelmassa kehitettiin esimerkiksi internet- ja mobiiliteknologioiden integroitua hyödyntämistä elinkaaren aikaisessa tiedonhallinnassa, suunnittelun asiakasvaatimusten hallinnassa, kustannus- ja määrätiedon hallinnassa sekä tietomallipalvelimia (Tekesin [www-sivut](#)).

KETJU -projektissa kehitettiin rakentamisen vakiotuotteiden ja projektikohtaisten tuotteiden tiedonhallintaprosesseja, joissa hyödynnetään laajasti tietotekniikkaa ja sähköistä tietojen siirtoa toimitusketjun osapuolten välillä. Lisäksi hankkeessa on määritetty, kuinka toimitusketjussa tarvittavia tietoja hallitaan tietomallipohjaisessa suunnittelussa ja tuotannossa. Lähtötietoina tarvittavien tuote- ja määrätietojen kokoamista ja hallintaa voidaan merkittävästi tehostaa, jos tiedot saadaan suoraan rakennuksen tietomallista. (Sundström ym. 2008.)

TIRTA -projektia – Tietomalli rakentamisessa ja talotekniikassa – koordinoi Savonia-ammattikorkeakoulu. Toisena toimijana hankkeessa oli Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu. TIRTA -projektin sisältönä oli

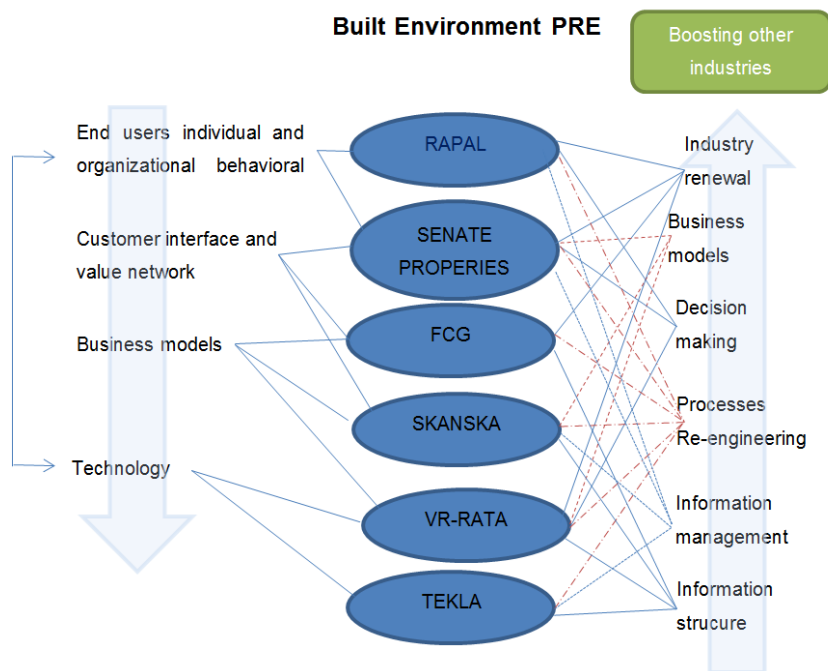
Yritysyhteistyö, tietomalliosaamisen siirtäminen insinööriopiskelijoiden ja yritysten ammattilaisten koulutukseen sekä integroidun suunnittelun menetelmien käyttöönotto ja tietomallin soveltaminen korjausrakentamisen suunnittelumenetelmiin ja turvallisuusteknologiaan, asiakasrajapinnan tuomiseen osaksi suunnittelua ja mallintamista sekä kustannuslaskennan tuomisesta entistä vahvemmin osaksi suunnittelua siten, että kustannuslaskentatietoa saadaan tuotettua helposti osana mallintamisprosessia. (Miinalainen 2010.)

TIRTA -projektin tuloksena saatiin koulutuksien avulla hankittua osaamista sekä kumppanuusyhtiöksiin että ammattikorkeakoulujen edustajille. Osaamisen lisääntyminen vaikutti opetuksen kehittämiseen ja opintojaksojen suunnitteluun, integroidun rakennussuunnittelun koeprosessi toteutumiseen teollisuushallissa, virtuaalihuoneissa ja urakalaskentaa liittämisenä tietomallintamiseen. (Miinalainen 2010.)

COBIM -hankkeessa ”on laajennettu ja päivitetty Senaatti-kiinteistöjen 2007 mallintamisohjeet. Hankkeen tavoitteena on laatia kansalliset mallintamisohjeet. Ohjeiden jatkokehittämisessä keskeinen tavoite on kestävä kehitys, energiankulutustavoitteiden ja ympäristövaikutusten huomioiminen sekä vaatimustenmukaisuuden varmistaminen prosessin kaikissa vaiheissa. Toinen tavoite on ohjeen laajentaminen palvelumaan yleisemminkin tietomallien tilaamista ja mallien tuottamista, eli tuottaa koko rakennus- ja kiinteistöalalle yhteinen, laajaan käyttöön soveltuva mallintamisohje.” (Rakennustieto 2012; COBIM [www-sivut](#).)

Hankkeessa tuotettiin kansalliset yleiset tietomallinnusvaatimukset 2012 (YTM), katso luku 2.2.3.

Rakennetun ympäristön strategisen huipputoiminnan keskittymä RYM Oy toteuttaa vuosina 2010–2013 PRE-ohjelman (*Built Environment Process Re-engineering*) (kuva 24). ”Ohjelman tavoitteena on luoda kiinteistö-, rakennus- ja infra-alalle täysin uusia toimintatapoja ja liiketoimintamalleja”. (RYM Oy:n [www-sivut](#).)



KUVA 24. PRE -ohjelman viitekehys ja osallistujat (muokattu lähteestä RYM Pre:n www-sivut)

Ahosen (2010) mukaan uusien liiketoimintamallien ja toimintatapojen ”kehittämisen lähtökohtana ovat käyttäjäläheisemmät toimintatavat, joita tukee tietomallipohjainen tiedonhallinta kiinteistöjen, infrarakenteiden ja yhdyskuntien koko elinkaaren ajan.” Uusien liiketoimintaprosessien myötä tuottavuutta ja laatua voidaan parantaa merkittävästi.

PRE -hankkeen työpaketit, veturiyritykset ja osallistujat on sovittu. Osallistujatahojen kanssa on sovittu seuraavista kuudesta työpaketista (kuva 9):

- *Tietomallit ja standardit (Transaction based information sharing and distributed information management), vetäjä Tekla Oy*
- *Tietomallipohjainen tuotetiedonhallinta teollisen rakentamisen toimitusketjussa (Building information model based product data management in industrialized construction supply chain), vetäjä Skanska Oy*
- *Infra-alan tulevaisuuden innovaatiopohjainen toimitusketju (FINBIM), vetäjä VR Track Oy*
- *Tietomallin käyttö kiinteistön elinkaaren aikana kiinteistöomistajan näkökulmasta (New Business Model based on Process Network and BIM), vetäjä Senaatti-kiinteistöt*

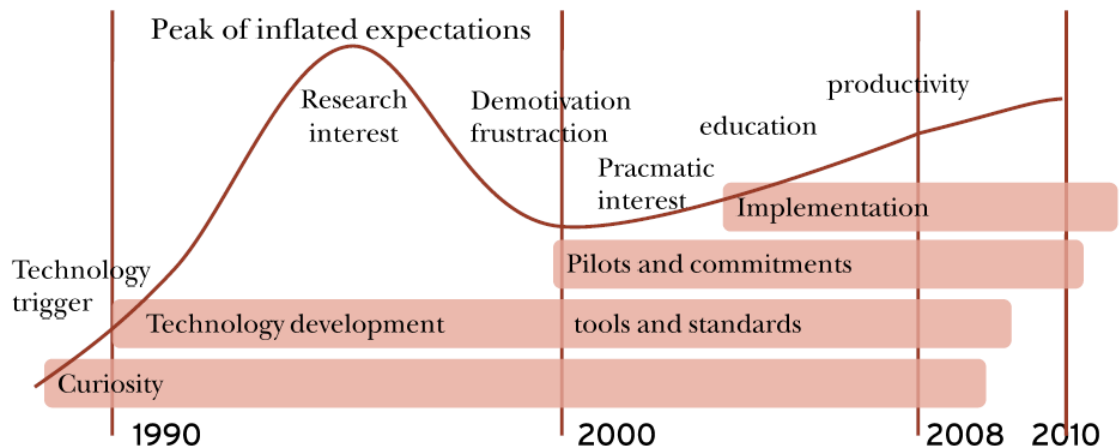
- *Tietotyön muuttuva luonne ja vaatimukset sekä seuraukset organisaation ja tilojen johtamiseen (New Ways of Working)), vetäjä Rapal Oy*
- *Yhdyskuntatasoisen rakennetun ympäristön digitaalisten mallien jakamisen, arvioinnin ja kehittämisen alusta (BIMCity), vetäjä FCG Oy. (Salonen 2010.)*

PRE -ohjelman budjetti on 21 miljoonaa euroa ja siinä on 43 osapuolta, 37 yritystä ja 6 tutkimuslaitosta: Aalto-yliopisto, Helsingin yliopisto, Metropolia Ammattikorkeakoulu, Oulun yliopisto, Tampereen teknillinen yliopisto ja VTT. (Salonen 2010.)

2.1.8 Tietomallintamisen tilanne Suomessa

Kriittinen näkökulma tietomallintamiseen

Salmisen (2010) mukaan rakennushankkeen tiedonhallinnan visiona on yhtenäinen prosessi (kuva 25), jossa hankkeen aikana kertyvää tietoa käytetään seuraavissa vaiheissa ja sitä periytetään aina käyttäjien ja ylläpitäjien hyödynnettäväksi. Ratkaisuksi on tarjottu rakennuksen tietomallia, BIMiä, joka toimii osapuolten yhteisenä alustana ja tiedonkeruupaikkana. Salmisen (2010) mukaan tätä ajatusta ovat ylläpitäneet järjestelmätoimittajat. BIMiä on hehkutettu alan seminaareissa ja asiaan on kohdistettu runsaasti tutkimuspanoksia. Tietomalli on kuitenkin vain yksi malli muiden järjestelmien joukossa. Mielenkiinto pitäisi kohdistaa tietomallista tiedonhallinnan ketjuun. Sovellusasiantuntijoita enemmän tarvittaisiin systeemisuunnittelijoita, jotka keskittyisivät tiedonhallinnan prosesseihin, käyttötapauksiin ja tietovirtoihin. Tutkimista enemmän tarvitaan käytännön tekemistä. Rakennushankkeen suunnitteluvaiheessa tietomalli on kiistämättömän hyödyllinen. Ongelmana on lähinnä mallien yhteensopimattomuus. Hankkeen tiedonhallinta ei pääty tietomallin laatimiseen, vaan se on vasta sen alku. Tietomalli on käyttökelpoinen väline suunnittelutuotteen kuvaamiseen ja ehkä myös suunnitteluprosessin ohjaamiseen. Tuotannon kannalta tärkeintä on, että mallista saadaan tiedot ulos siinä muodossa, että niitä voidaan käyttää ja jatkojalostaa muissa järjestelmissä. Kun tiedonhallintaa kehitetään, pitäisi kehittää koko ketjua eikä vain sen alkupäätä. (Salminen 2010.)



KUVA 25. Tietomallintamisen nykytilanne (Rajala 2010)

Rakennuksen mallista prosessiin

Suunnittelussa kyetään tuottamaan rakennuksen malli olemassa olevilla työkaluilla. Tietomallin todellinen hyödyntäminen ei ole vielä kuin lähtökuopissa. Tiedonvaihto eri osapuolten välillä tapahtuu vielä mallinnetuissakin rakennusprojekteissa dokumenttipohjaisesti. Teknologia ei ole vielä valmista mallipohjaiseen tiedonvaihtoon. Ohjelmistotalot eivät ole kehittäneet ohjelmia, koska asiakkaat eivät ole niitä pyytäneet ja päinvastoin. Rakennusprosessi on prosessi ja vielä tällä prosessilla ei ole omistajaa joka ”uskaltaa” vaatia tietomallipohjaista rakentamisen prosessinhallintaa. Vielä ei ole toimivia tietomallipalvelimia, joita voitaisiin hyödyntää tiedon säilyttämisessä ja jakamisessa. Urakoitsijoista, kuten Skanskasta, on tulossa muutoksen vetureita. Skanska mallintaa kaikki omat kohteensa. (Granholm 2010.)

Rakennusprosessi on yhtä hyvä kuin sen heikoin lenkki. Tällä hetkellä mallia ei vielä ole hyödynnetty työmailla toteuttajien tasolla. Heikoin lenkki on siis mies, moottorisaha ja hiace. Tekniikka mahdollistaa jo mallin käytön ajasta ja paikasta riippumatta (iPad) mutta sitä ei ole vielä otettu käyttöön. On ehkä vielä aikaista kuvitella talonrakentaja ”iPad” kädessään tutkimassa rakennuksen tietomallista netin yli tehtävänsä liittyviä tietoja, kuten siihen liittyviä työvaiheita. Vielä ei ole kovassa pakkasessa toimivaa laitetta mallin tarkasteluun.

Urakointi

Urakkasopimukset tehdään edelleen 2D-dokumenttien pohjalta. Muutosta jarruttaa osaamisen ja kokemuksen puuttuminen. Mallien oikeellisuudesta ei olla varmoja ja eri versioita ei kyetä hallitsemaan. Suomalaisen rakentamisen ketju on pitkä ja hajaantunut, toimijat ovat pieniä, mikä estää mallipohjaisen rakennusprosessin. Mallipohjaisia projekteja on käynnissä rakennustuoteteollisuuden kanssa, jolla on paremmat valmiudet toimia mallipohjaisesti kuin pienellä alihankintaketjun kolmannella yrityksellä. (Romo 2010).

Rakennustuoteteollisuus

Rakennustuoteteollisuudessa on meneillään useita projekteja, joissa viedään tietomallista suoraan tietoja valmistajan tuotannonohjausjärjestelmään ja vastaavasti tuotantotietoa takaisin malliin. Esimerkiksi Parma pystyy hyödyntämään tietomallista elementtien osalta mittatietoja ja elementtien valmistukseen tarvittavien tarvikkeiden tietoja. Kun nämä tiedot viedään tuotannonohjausjärjestelmään, voidaan alustava tuotannon suunnittelu tehdä mallitiedon pohjalta. Tieto täydentyy matkan varrella. Kuitenkin monessa tapauksessa tilanne on edelleen se, että vaikka kohde olisi suunniteltu tietomallilla, on siitä otettu kuvat paperille ja tiedot on naputeltu koneelle uudestaan. Suurimmat hankaluudet tietomallitiedon todellisessa hyödyntämisessä liittyvät ohjelmistoihin, niiden kehittymiseen sekä mallien synkronointiin. Kun esimerkiksi Tekla Structuresta tulee koko ajan uusia versioita, ei uusi versio sitten välttämättä olekaan yhteensopiva muiden ohjelmien kanssa. Ja ohjelmistokehitykseen liittyy usein se, että kun joku ongelma korjataan, syntyy siitä kaksi uutta korjaamista kaipaavaa ongelmaa. Mallien synkronointi onnistuu välillä ja välillä ei. (Aho 2010.)

2.2 Tietomalli rakennusprosessissa

Seuraavassa kuvataan tietomallintamisen mahdollisuudet, sen hyödyt ja haasteet, sen vaatima osaaminen ja oppiminen, asenne, sekä esitellään rakennusprosessi suhteessa rakennuksen tietomalliin ja lopuksi mallintamisen vaiheistetaan. Tietomallia käsitellään koko rakennusprosessin näkökulmasta.

2.2.1 Tietomallintamisen mahdollisuudet, hyödyt ja haasteet

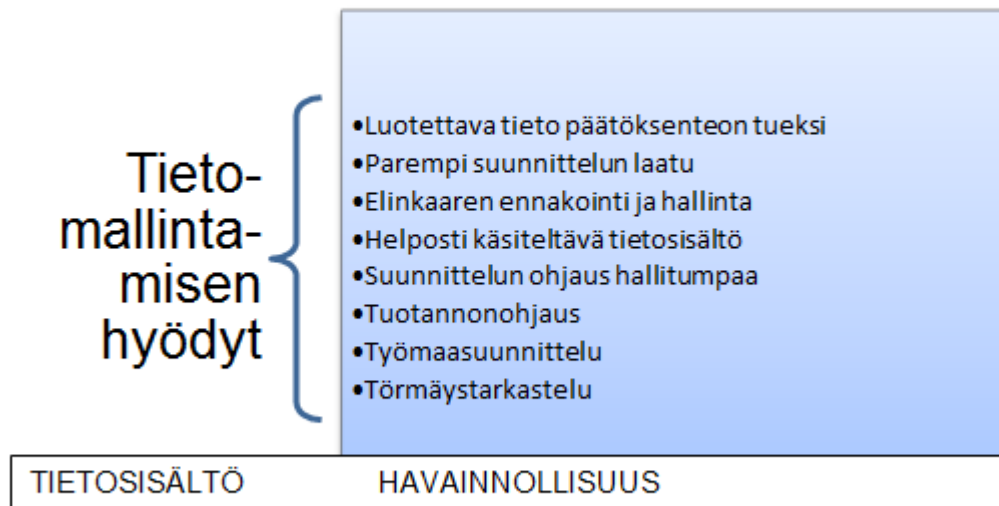
Tällä hetkellä rakennushankkeiden maailmassa on menossa vaihe, jossa koko projektin kokonaisvaltaista tietomallintamista on kokeiltu ja kokeillaan pilottiprojekteissa. Pilottiprojekteista on opittu ja opittua sovelletaan seuraaviin hankkeisiin. Jotkut rakennusliikkeet mallintavat jo omat hankkeensa.

Tietomallintamisen yleistyminen normaaliksi käytännöksi, tavaksi toimia rakennusprosessin yli, rakennuksen elinkaaren ajaksi rakennuttamisessa, suunnittelutyössä, rakentamisessa ja rakennuksen ylläpidossa, avaa monia mahdollisuuksia rakennusprosessin osapuolille. Jotta tietomallia voitaisiin hyödyntää tehokkaasti, tulee rakennusprosessin osapuolten ensin läpikäydä ja hyväksyä muutoksia olemassa olevaan tapaan toimia, erityisesti asenteiden mallintamista kohtaan tulee muuttua. Voi olla että työnjaot suunnittelijoiden, rakentajien ja tuotteiden toimittajien välillä tulevat muuttumaan. Viranomaisetkin ovat ottamassa tietomallin käyttöön osaksi rakennuslupaprosessia.

Tietomallin keskeisimmiksi hyödyiksi rakennusprosessissa on tähän mennessä havaittu (kuva 26):

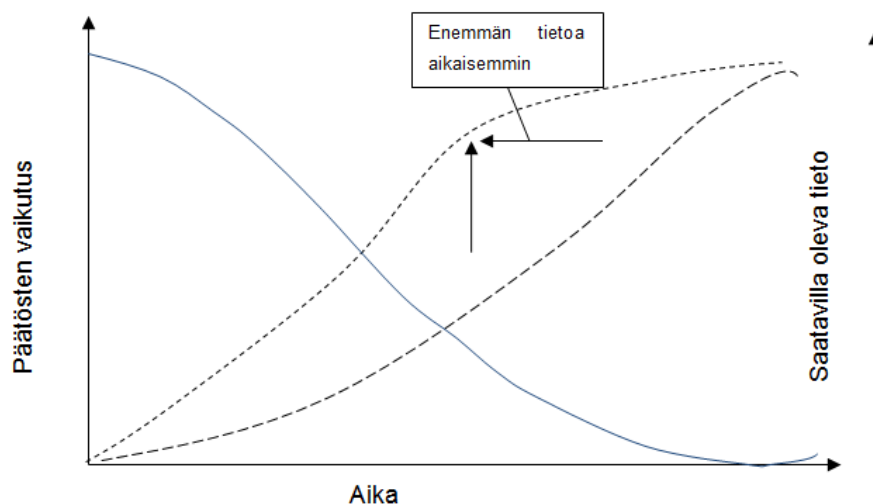
- *energiasimuloinnit luonnossuunnitteluvaiheessa*
- *aikataulu- ja työjärjestysuunnittelu toteutusvaiheessa*
- *havainnollisuus 3D-suunnitelmissa koko rakennushankkeen ajan*
- *markkinointiaineiston tulostaminen suoraan tietomallista*
- *määrätiedon tuottaminen suoraan mallista*
- *nopea ja tarkka määrä- ja kustannuslaskenta*
- *piirustusten tulostaminen suoraan tietomallista*
- *rakennetietomallin hyödyntäminen elementtisuunnittelussa*
- *suunnitteluvirheiden väheneminen ja havaitseminen riittävän ajoissa*
- *virtuaalinen yhteensovitus eri suunnitelmien törmäystarkasteluissa*
- *4D-työsuunnittelu tai simulointi.*

(Palos 2010, 19; Karppinen 2010, 12; Mäki ym. 2009, 7; Haatanen ym. 2009, 48–49.)



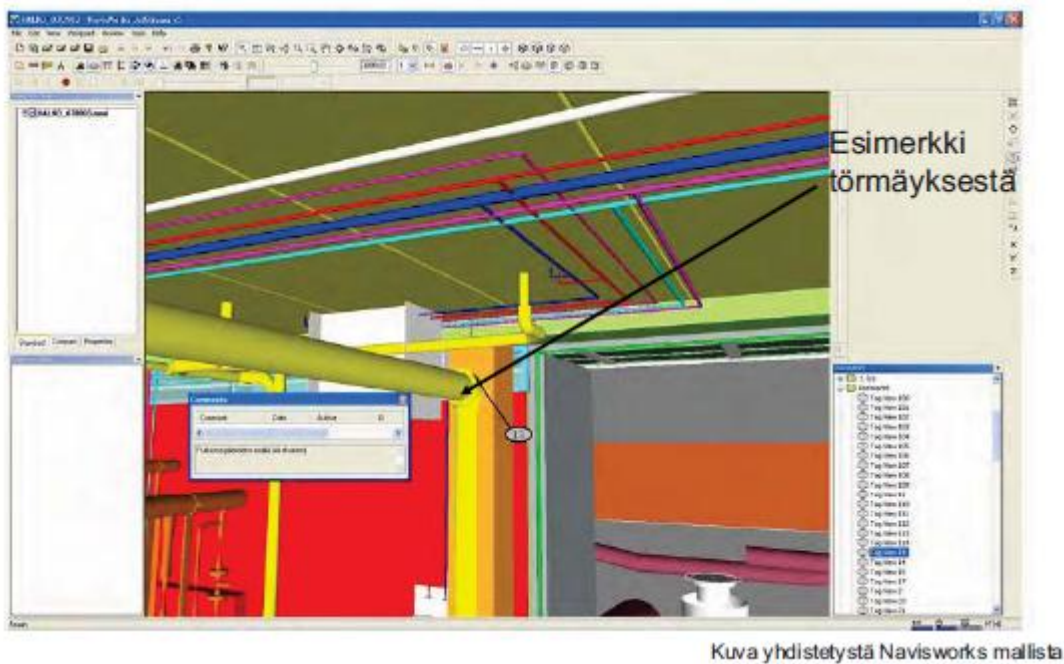
KUVA 26. Tietomallinnuksen hyödyt perustuvat mallien tarjoamaan tietosisältöön ja esitystavan havainnollisuuteen, visuaalisuuteen (muokattu lähteestä Mäki ym. 2009, 8).

Energiamääräykset ovat kiristyneet viime vuosina. Seuraavat muutokset, jotka koskevat rakennuksen kokonaisenergiankulutuksen tarkasteluja, niin sanottua E-lukua, tulevat voimaan 1.7.2012. Rakennuksen simulointi energiatalouden kannalta on yksi tietomallintulevaisuuden käyttötarkoituksia. Tietomallista saadaan tietoa sekä päätöksenteon että suunnittelun pohjaksi aikaisemmin ja luotettavammin (kuva 27). Erilaisia suunnitteluratkaisuja voidaan vertailla tehokkaasti sisällyttämällä niihin esimerkiksi energia-analyysejä. Hankkeelle saadaan määritettyä elinkaarikustannukset. Lopputulos on tiedossa aikaisemmassa vaiheessa rakennusprosessia, ennen kuin rakentamista on edes aloitettu. Rakennuksen tietomallista voidaan tulostaa ääretön määrä piirustuksia, kuten leikkauksia, näkymiä, tulevasta rakennuksesta. (Mäki ym. 2009, 8; Haatanen ym. 2009.) Tietomallin avulla lopputulos on paremmin ja luotettavammin ennustettavissa, tiedetään miltä rakennus ”näyttää”.



KUVA 27. Tietomallipohjaisen suunnittelun etuja (Lehtinen 2006, alkuperäinen lähde Laitinen 1998)

Tietomallia käytetään Mäen ym. (2009, 10) mukaan risteily- tai törmäystarkasteluihin sekä tilavarausten ja muun geometrian tarkasteluun. Solibri ja Navisworks -ohjelmistot (kuva 28) ovat erinomaisia välineitä törmäystarkastelujen tekemiselle. Törmäystarkastelujen avulla voidaan poistaa virheitä työmaan toteutuksesta, virheiden korjaaminen, purkaminen ja uudelleen tekeminen vähenee, aikaa ja kustannuksia säästyy.



Kuva yhdistetystä Navisworks mallista

KUVA 28. Esimerkki törmäyksestä Navisworks mallista (Valjus 2010)

Tietomallintaminen parantaa oikein käytettynä suunnittelun laatua. Voidaan puhua suunnittelussa nolla-virhe -tavoitteesta, jolloin työmaan toteutukseen ei päädy yhtään suunnitteluvirhettä, mikä tuntuu saavuttamattomalta tavoitteelta. Suunnittelun laatuun vaikuttavat sekä etupainotteinen suunnittelu että törmäystarkastelujen tekeminen. Niiden avulla havaitaan mahdolliset virheet paremmin kuin perinteisten suunnitelmien vertailussa, esimerkiksi varaussuunnitelmien, reikäpiirustusten, tarkastamisessa. Tietomalleihin sisällytetään tai pitäisi sisällyttää paljon enemmän tietoa kuin perinteisiin suunnitelmiin, minkä vuoksi suunnittelun lopputulosta ei voi edes verrata perinteisiin 2D-suunnitelmiin. Tulee kuitenkin muistaa, että suunnittelun laadun kannalta merkittävää ei ole väline, tietomalli, vaan itse suunnittelu- tai mallinnustyön tulee olla laadukasta, siten että suunnittelija sisällyttää malliin riittävästi informaatiota kohteen rakentamiseksi. Tietomallintaminen ei itsessään poista hankkeesta haasteita ja tuo siihen automaattisesti hyötyjä. (muokattu lähteestä Mäki ym. 2009, 13.)

Tietomallintaminen säästää aikaa, työtä ja kustannuksia. Määrälaskennassa mallista saadaan ulos nopeammin ja helpommin tietoa. Dokumentteja voidaan tuottaa nopeammin mallin avulla. Tietomallin käyttöönotto järkeistää toimintatapoja esimerkiksi vähentämällä päällekkäistä työtä. Suunnittelun muuttuminen etupainotteisemmaksi ja suunnitelmien tarkastelujen avulla suunnitteluvirheitä voidaan tunnistaa ja korjata riittävän ajoissa, mikä järkeistää prosessia koko hankkeen tasolla. Tietomallista saa-

tava hyöty riippuu vielä valittavan paljon asenteesta, kuka mallia käyttää ja miten. (muokattu lähteestä Mäki ym. 2009.)

Tietomallintamalla saadaan tuotettua laadukkaammat suunnitelmat, joita voidaan hyödyntää tuotannossa monipuolisemmin kuin perinteisiä 2D-suunnitelmia. Tietomallipohjainen, etupainotteinen suunnittelu tuottaa taloudellista hyötyä tuotannon aikana - tai viimeistään hankkeen elinkaaren aikana. Tilaajan kannalta merkittävin hyöty saavutetaan, kun koko hanke pystytään pysäyttämään riittävän ajoissa, jos suunnitelmien perusteella näyttää siltä, että hankkeesta ei koskaan voi tulla taloudellisesti kannattavaa. Jotkut rakennuttajat käyttävät tietomallinnusta lähinnä tilaajan vaatimuksesta, mutta eivät vielä koe siitä olevan hyötyä. (muokattu lähteestä Mäki ym. 2009, 15–16.)

Parhaan hyödyn saavuttamiseksi kaikki hankkeen suunnittelu tulee tehdä tietomallintamalla. Lisäksi tietomallinnus tulee tehdä riittävän ajoissa, että mallista ehditään tarkastelujen kautta karsia virheet pois. Malli tulee saada toteutuksen käyttöön jo tarjouslaskennassa, rakentamisen valmistelussa tai viimeistään ennen rakentamisvaihetta. Tietomallintaminen ei kuitenkaan itsessään ole mikään ratkaisu, se on työväline. Edelleen tarvitaan laadukasta ja osaavaa suunnittelutyötä, joka tuottaa tietomallin ja siihen kaikki tarvittavat tiedot. Tietomallintaminen vaatii tarkkaa ohjausta ja ohjeistusta. Ohjeilla ja ohjauksella varmistetaan, että kukin suunnittelija tuottaa yhteensopivaa tietomallia ja tietomalleihin sisällytetään oikeita tietoja siten, että ne ovat muiden suunnittelijoiden ja rakentajien hyödynnettävissä. Eli mallinnetaan siten kuin rakennetaan. Tietomallinnettua rakennusprosessia on verrattu taulukossa yksi perinteiseen rakennushankkeeseen tuoden mallinnetun prosessin näkyviksi. (muokattu lähteestä Mäki ym. 2009, 15–16.)

Taulukko 1. Perinteisen rakennushankkeen ja tietomallinnetun rakennusprosessin eroja (muokattu lähteestä RT 10–10992, 2)

	Perinteinen rakennushanke	Mallintava integroitu rakennusprosessi
Tiimit	hajautuneita	aikaisempien hankkeiden perusteella muodostuneita
	perinteiseen hankeosapuolijakoon keskittyneitä	muodostetaan hankkeen keskeisistä toimijoista ja osajista
	tottuneet toimittamaan ainoastaan pyydettyä tietoa (toimivat "pienimmän vaivan" periaattella)	toimittavat tarvittavaa tietoa oikea-aikaisesti
	painottavat toiminnassa osapuolten välistä työnjakoa	painottavat toiminnassa yhteistyökykyä
	hierarkkisesti johdettuja	parhaiden käytössä olevien kykyjen perusteella avoimesti johdettuja
	perustuvat eriytyneeseen ammattitaitoon	perustuvat eri osapuolten osaamisen yhdistämiseen
Prosessit	vaiheittaisia, erillisiä, eriytyneitä	samanaikaisia, päällekkäisiä, monitasoisia
	tietoa "hamstrataan" ja se kootaan viime hetkellä	tiedon kokoamisessa ennakoidaan tulevia hankevaiheita
	tietoa jaetaan vain pyytäjälle (maksajalle) ja vain pyydettyäessä	tietoa jaetaan avoimesti ja vapaasti tiedon tarvitsijoille
Riskit	kohdistuvat yksittäisiin osapuoliin	kohdistuvat kaikkiin osapuoliin ja jaetaan tarkoituksenmukaisesti
Hyödyt ja voitot	mahdollisimman paljon hyötyä itselle mahdollisimman pienellä vaivalla	mallintaminen hyödyttää kaikkia hankeosapuolia
		suurimat hyödyt koituvat hankkeen omistajalle ja keskeisille toimijoille
	toiminta perustuu yleensä nopeimmin saavutettaviin voittoihin	toiminta on arvoperusteista
Kommunikaatio	piirustusperustainen	tietomallipohjainen (3-, 4-, 5-ulotteinen)
	kannustavat yksipuoliseen toimintaan	kannustavat yhteistyöhön
Sopimukset	kannustavat yksipuoliseen toimintaan	kannustavat yhteistyöhön
	pyrkivät kohdentamaan riskejä	edistävät ja tukevat avointa tiedonjakoa

2.2.2 Osaaminen, oppiminen ja asenne

Tietomallintamisen osaamista on vielä liian vähän. Tietomallintamista ei opeta riittävästi oppilaitoksissa. Ellei kerran opittua taitoa pääse hyödyntämään ja ylläpitämään, se unohtuu nopeasti. Hankeosapuolien asenne tietomallintamista kohtaan on osaa- mistakin suurempi kynnyskysymys. Osalla ihmisistä asenne voi olla kielteinen, koska tietomallintaminen koetaan uutena ja vieraana, ja siihen liittyy niin paljon tietoteknistä osaamista. Varsinkin vanhemmat henkilöt voivat vieroksua tietomallintamista. Työ- mailla jopa ”haalarikaverit” käyttävät mallia ennakkoluulottomasti keskustellessaan työnjohdon kanssa muun muassa työn toteuttamisesta. Kaikilta osapuolilta tarvitaan lisää osaamista ja positiivista asennetta, mutta erityisesti tilaajien ja rakennuttajien osaaminen on tärkeä hankkeiden liikkeellepanijoina. Tilaajien ja rakennuttajien tulisi osata tilata tietomallinnettu hanke oikein ohjeistettuna, siten siitä saadaan paras mahdollinen hyöty hankkeen kuluessa. Osaamisen kasvamisen esteenä on myös ohjeiden ja kokemuksen puute. Tietomallinnusta tulee osata koordinoida ja johtaa hankkeiden edetessä. Yhtenä vaihtoehtona on, että hankkeeseen on palkattu tieto- mallikoordinaattori, joka vastaa nimenomaan tietomallintamisen ohjaamisesta ja joh- tamisesta hankkeen aikana. (muokattu lähteestä Mäki ym. 2009, 17.)

Tietomallintamisen haasteet

Tietomallintamiseen ja sen hyödyntämiseen rakennusprosessissa liittyy vielä monen- laisia haasteita. Kuvassa kaksikymmentäyhdeksän on esitetty tietomallintamiseen liittyviä haasteita.

Tietomal- lintamisen haasteita

- Inventointi- ja tietomallien hyödyntäminen
- Tilaaminen ja kilpailuttaminen
- Suunnitteluajataulun haasteet
- Tietotekniikka
- Hyötyjen osoittaminen
- Hankkeiden koordinoiminen
- Hankeosapuolien roolit ja yhteistyö
- Osaamiseen ja asenteisiin liittyvät haasteet

Rakennus on usein käytössä korjausrakentamishankkeessa, kun siitä tehdään inventointimallinnusta, minkä vuoksi rakennusta ei voida aina mallintaa riittävän kattavasti. Olevat rakenteet peittävät osan rakenteista, esimerkiksi palkkeja ja laattojen alapintoja, ja estävät kattavan mittauksen. Mallinnustarkkuus joudutaan valitsemaan tapauskohtaisesti. Tieto ei vielä siirry järjestelmästä toiseen luotettavasti IFC:stä huolimatta. Ongelmat voivat johtaa siihen, että suunnittelu tehdään 2D:nä ja mallia täydennetään laadittujen suunnitelmien pohjalta. Toimintatapojen ja mallintamiseen liittyvien pelisääntöjen täsmällinen sopiminen vaatii tarkkuutta. Mallintaminen itsessään ei takaa virheetöntä suunnittelua. Mallissa voi esiintyä virheitä, joita ei esimerkiksi törmäystarkasteluissa huomata. (Mäki ym. 2009, 22–23.)

Mallinnetuissa isoissa hankkeissa tiedostojen koko ja määrä kasvavat niin suuriksi, että niiden avaaminen ja käsittely on hidasta ja hankalaa. Työmaalla käytössä olevat tietokoneet ja -liikenneyhteydet ovat usein liian hitaita ja/tai alimitoitettuja malleihin liittyvien tiedostojen käsittelyyn. Ohjelmat kaatuvat ja niissä on paljon niin sanottuja ”bugeja”. Toinen tietotekninen haaste on ohjelmistojen päivitystaajuus. Ohjelmistot päivittyvät vähänväliä eivätkä uudet versiot ole välttämättä yhteensopivia aikaisempien versioiden tai niiden kirjastojen ja objektien kanssa. Ohjelmistoissakin on vielä paljon kehittämisen mahdollisuuksia. (Mäki ym. 2009, 23–24.)

Pitäisikö suunnitteluajataulun olla tietomallinnushankkeissa erilainen kuin perinteisissä rakennushankkeissa, lisääkö tietomallintaminen suunnittelutyötä, vai vähentääkö se sitä, vai muuttaako se vain suunnittelutyön painopistettä etupainotteisemmaksi? Suunnitteluajataulut ovat yleisesti ottaen liian kireitä. Tietomallit valmistuvat lähes poikkeuksetta suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden käyttöön liian myöhään. Myös inventointimalli on osassa hankkeista myöhässä. Voiko mallintaminen olla liian tarkkaa – ja samalla aikaa vievää – suunnittelua liian aikaisessa vaiheessa. Onko kysymys suuremmasta ja kokonaisvaltaisemmasta muutoksesta suunnittelussa ja rakentamisessa -muutoksesta, jossa tietomallintamisen käyttöönotto on vain osa. Tämä muutos edellyttää koko rakennushankkeen ja sen myötä suunnitteluajataulun uudelleen ajattelua. Työmaalla ja urakkasopimuksissa käytetään edelleen 2D-piirustuksia. Tästä seuraa helposti tilanne, jossa muutokset (päivitykset) tehdään suoraan 2D-suunnitelmiin, eikä näitä muutoksia viedä samassa ajataulussa tietomalliin. Suunnittelu voi myös edetä siten, että ensin suunniteltiin 2D:nä, jonka jälkeen tietomallia tehdään sitä mukaa kuin

ehditään. Näin tietomalli ei valmistu ajoissa, että sitä pystytään hyödyntämään esimerkiksi työmaatuotannossa, hankinnoissa yms. Suunnittelun eteneminen malli edellä olisikin tärkeää, mallinnuksen aikataulun kannalta. (Mäki ym. 2009, 24–25.)

Asenteen mallintamista kohtaan tulisi muuttua jotta mallintamisesta saadaan kaikki edut näkyviksi. Asenteen lisäksi mallintamisen osaamista on lisättävä. Uuden asian oppimiseen ja käyttöönottoon liittyy yleensä muutosvastarintaa. Osa ihmisistä ei halua kuullakaan tietomallintamisesta. Tietomallintaminen edellyttää tietokoneiden ja ohjelmistojen käyttöä, mikä jo sinällään saattaa olla kynnys siihen perehtymiseen. Erityisesti vanhemmat henkilökunnan edustajat ovat asenteeltaan vastaan tietotekniikkapainotteisen tietomallintamisen käyttöä tai opiskelua kohtaan. Oppimisen esteenä ovat tietomallintamisen aidot hyödyt ja mahdollisuudet eli niitä ei ole vielä kyetty hahmottamaan. Tietomallintamisen opiskelu vaatii paljon aikaa ja sitoutumista eli asennetta. (Mäki ym. 2009, 25–26.)

Tietomallinnushankkeiden johtamiseen tarvitaan ammattimaisempaa otetta, erityisesti hankesuunnitteluvaiheessa. Koordinoinnin puuttuminen voi johtaa osapuolien erilaisiin toimintatapoihin ja päällekkäiseen työhön. Tietomallintamisen johtamisessa ja koordinoinnissa on kysymys myös hankkeen aikataulusuunnittelusta, kuinka paljon varataan aikaa eri suunnitteluvaiheille, mitä kultakin vaiheelta edellytetään, miten yhteistyö eri osapuolien välillä järjestetään ja niin edelleen. Tällä hetkellä tietomallinnushankkeiden koordinointiin ja toteutukseen kaivataan ohjeita ja osaamista. Mäen ym. (2009, 26) mukaan suunnittelijat toivovat, että tilaajat lähtisivät innokkaammin tilaamaan tietomallintamista. Tilaajilla ei ole vielä riittävästi kokemusta tietomallinnettujen hankkeiden tilaamisesta, kilpailuttamisesta ja koordinoinnista. Tilaajan rooli voidaan tiivistää kuluneeseen toteamaan: ”sitä saa mitä tilaa”. Tavoitteiden määrittely vaatii uudenlaisen mallipohjaisen näkökulman. Tietomallintaminen ja sen hinnoittelu ei ole vielä saavuttanut vakiintunutta tasoa. Vielä ei tiedetä miten paljon mallintamalla toteutettu hanke vaatii resursseja ja aikaa josta seuraa hintakilpailussa vaihtelua. (Mäki ym. 2009, 26.)

Onko tietomallista oikeasti jotakin hyötyä? Mitä hyödyt ovat? Saavutetaanko mallin avulla taloudellisesti, laadullisesti ja ajallisesti paremmin hallittuja ja toteutuneita hankkeita kuin perinteisellä 2D-suunnitelmin toteutuneilla hankkeilla? Kuka hyödyn saa? Miten rakennuksen elinkaaren aikainen hyöty otetaan huomioon? (muokattu lähteestä Mäki ym. 2009, 27.)

Tietomallintamisen kehittämiseen, tarvitaan aktiivisuutta, yhteistyötä, rahoitusta ja resursseja. Yhteistyötä tarvitaan erityisesti rakennusprosessien eri toimijoiden välillä. Helpostihan käy niin, että kukin osapuoli valvoo vain omia etuja unohtaen tavoitteen, terveellisen, turvallisen ja toimivan rakennuksen. Jotta tietomallin levittäminen voisi tapahtua, tulee sen hyödyt avata kaikille osapuolille tavoitteen kannalta niin eri organisaatioiden vertikaalisessa kuin osapuolten välillä horisontaalisessa suunnassa. (muokattu lähteestä Mäki ym. 2009, 28.)

Kehitysehdotuksia

Tietomallintamisessa ja sen hyödyntämisessä on vielä paljon kehittävää (kuva 30). Tietomallinnushankkeille tulisi laatia omat säännöt ja ohjeet, joiden mukaan hankkeita toteutettaisiin. Ohjeet myös määrittäisivät sen mitä tietoa mallin tulee sisältää missäkin hankevaiheessa. Ohjeiden puuttuminen saattaa pahimmillaan estää tietomallipohjaisen hankkeen käynnistymisen. Hankkeiden läpivienti, osapuolien roolit ja yhteistyö sekä suunnitteluajakaulu tulee määritellä uudelleen tietomallintamisen kannalta. Suunnitteluajakaulun tulisi olla etupainotteisempi, jolloin mallit olisivat valmiimpia urakkatarjouksia laskettaessa tai rakentamista aloitettaessa. Mitä tietomallin tulisi sisältää ja millä tarkkuudella? Tietomalli voisi sisältää tietoa esimerkiksi rakenteiden tekemiseen kuluva ajasta, materiaalien laadusta, asennusohjeista ja niin edelleen. Osaamisessa ja asenteissa on kehittämisen varaa kaikilla osapuolilla. Ohjelmistojen tulee myös kehittyä mutta siten että ne sopivat edellisten versioiden kanssa yhteen. (Mäki ym. 2009, 28.)

Tietomallintamisen
kehitystarpeita

- Hankkeiden sääntöjen, käytäntöjen ja menettelytapojen kehittäminen
- Tietotekniikan kehitystarpeet
- Hankeosapuolien roolien ja yhteistyön määrittäminen
- Suunnitteluajakaulun vaatimat muutokset
- Tietomallien tietosisällön kehittäminen
- Osaamisen tason nostaminen ja asenteiden muutos

2.2.3 Mallintamisen vaiheistus

Rakennuksen tietomalli tuotetaan yleensä vaiheittain (kuva 32) siten, että mallissa oleva informaatio tarkentuu prosessin edetessä. Oleellinen (?) tieto siirtyy rakennusprosessissa aina seuraavalle käyttäjälle. Malli täydentyy vaihe vaiheelta, lisäksi jokainen vaihe tallennetaan versiotietona.

Tietomallintamisen nimikkeistö on vielä osin vakiintumaton, koska standardisoitua ohjeistoa ei ole vielä olemassa, lukuun ottamatta tiedonsiirtoon liittyvää IFC-standardia. Tieto on hajallaan, pirstaleina, ainoastaan Senaatti-kiinteistöt on tuottanut käyttökelpoisen ohjeiston mallintamista varten (tai siihen liittyviä vaatimuksia varten). Yhdysvalloissa on kehitetty kansallisia mallintamiseen liittyvää ohjeistoa (The NBIMS (*National BIM Standard*) ja GSA (*General Services Administration*)). (Kuusela 2008, 22–23.)

Yleiset tietomallinnusvaatimukset 2012

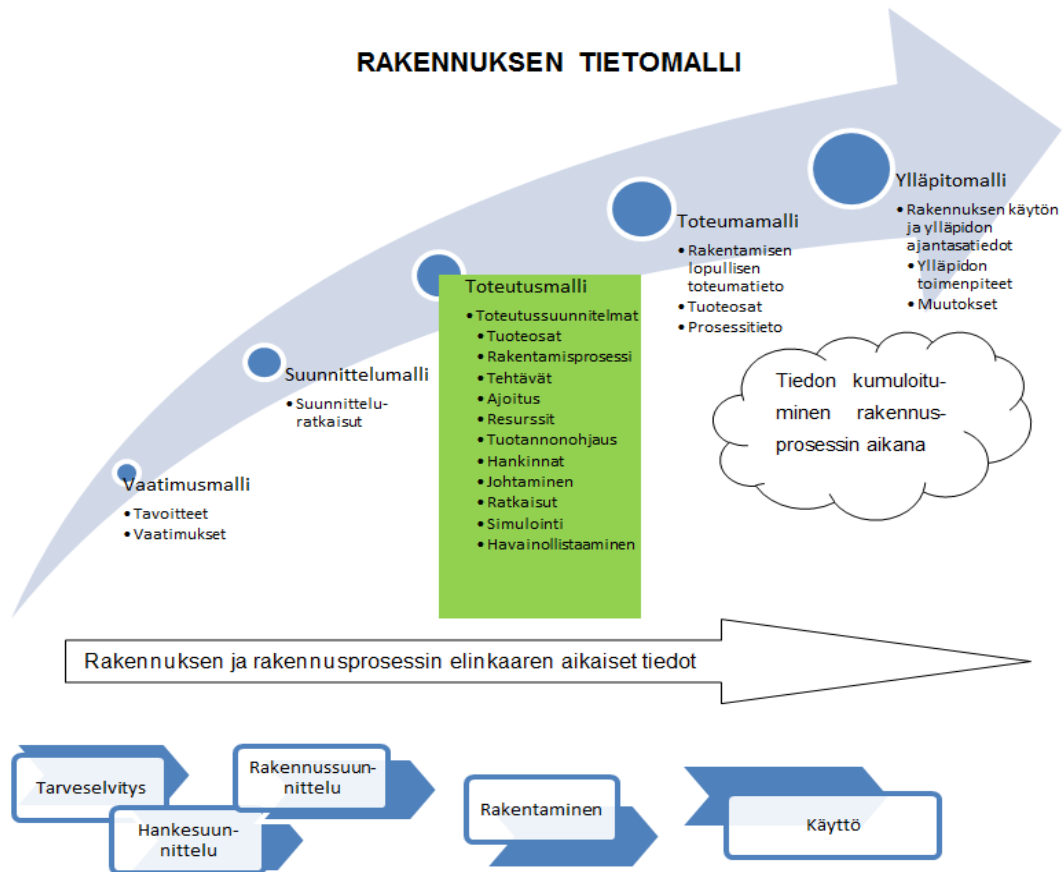
Ensimmäiset yleiset tietomallintamista (YTV) koskevat määräykset julkaistiin tätä työtä kirjoitettaessa 27.3.2012. Senaatti-kiinteistöjen vuonna 2007 julkaistujen tietomallivaatimusten päivitys toteutettiin vuosina 2011–2012 COBIM -hankkeessa. Päivitystyön tuloksena syntyivät kansalliset Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osat 1–9 ja uusina osat 10–14 (taulukko 3).

TAULUKKO 3. Yleisten tietomallivaatimusten osat 2012 (BuildingSMART Finland 2012)

<i>Osan nro</i>	<i>Sisältö</i>
1	<i>Yleinen osuus</i>
2	<i>Lähtötilanteen mallinnus</i>
3	<i>Arkkitehtisuunnittelu</i>
4	<i>Talotekninen suunnittelu</i>
5	<i>Rakennesuunnittelu</i>
6	<i>Laadunvarmistus</i>
7	<i>Määrälaskenta</i>
8	<i>Havainnollistaminen</i>
9	<i>Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä</i>
10	<i>Energia-analyysit</i>
11	<i>Tietomallipohjaisen projektin johtaminen</i>
12	<i>Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana</i>
13	<i>Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa</i>

Vaiheet

Kuvassa kolmekymmentäkaksi esitetään kuinka rakennusprosessin eri vaiheissa syntyvä tietoa kumuloituu malliin ”automaattisesti” muodostaen pohjan prosessin seuraavalle vaiheelle. Olennaista on huomata että käytetään yhtä mallia johon kaikki tieto tallentuu, tuottaa tietoa kuka tahansa missä tahansa milloin tahansa. Talonrakentajan kannalta mielenkiintoisin vaihe on Rakentaminen.



KUVA 32. Rakennuksen tietomallin karkea jako rakennusprosessin eri vaiheissa (muokattu lähteestä Niemieoja 2005)

Mallintamisprosessi on jaettu kuvassa kolmekymmentäkaksi ehkä keinotekoiisiin vaiheisiin suhteessa rakennushankkeen perinteisiin vaiheisiin. Mallinnettava rakennusprosessi ei etene edellisen vaiheen valmistumisesta seuraavaan, vaan vaiheet limityvät rakennusprosessin toteutustavasta riippuen.

Vaatusmalli

Rakennussuunnittelija, yleensä arkkitehti, mallintaa asiakastarpeet ja -vaatimukset tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheessa. Rakennussuunnittelija toimii yleensä myös hankkeen pääsuunnittelijana joka sopimuksin voi vastata myös mallinnuksen etenemisestä. Vaatusmalli sisältää asiakkaan tarpeiden lisäksi oleelliset rakentamismääräyksistä seuraavat vaatimukset. Rakennushankkeen seuraavissa vaiheissa tietoja verrataan vaatusmalliin, joka muodostaa hankkeelle viitekehyksen. Vaatusmalli voidaan nimetä hankkeen luonteen perusteella. Korjausrakentamisessa puhutaan inventointimallista ja uudisrakentamisessa tilamallista. Inventointimalli on

olemassa olevasta rakennuspaikasta ja sillä sijaitsevasta rakennuksesta laadittu tietomalli. Inventointimalli laaditaan esimerkiksi laserkeilauksen, ja/tai muun mittauksen perusteella. Inventointimallin tietosisältö määritellään hankekohtaisesti muun muassa sen perusteella mitä tietoa rakennuksesta hankkeessa tarvitaan. Tilaryhmämalli on rakennussuunnittelijan tarveselvitysvaiheessa vaatimusmallin pohjalta laatima alustava tilaryhmittelymalli. (Senaatti 2007.)

Tietomallintaminen voi muuttaa myös pääsuunnittelijan tehtäväkuvaa. Pääsuunnittelijan rooli voi olla tulevaisuudessa tiedon yhteen sovittajan rooli, missä pitäisi korostua suunnitteluryhmän johtaminen. Ainoastaan tiedon käsittelymuoto muuttuu. (Posti 2010.)

Suunnittelumallit

Suunnittelumalleiksi kutsutaan eri suunnittelualojen (ARK, RAK, LVI, S, GEO, TEK) rakennusprosessin eri vaiheissa tuottamia suunnitteluratkaisuja:

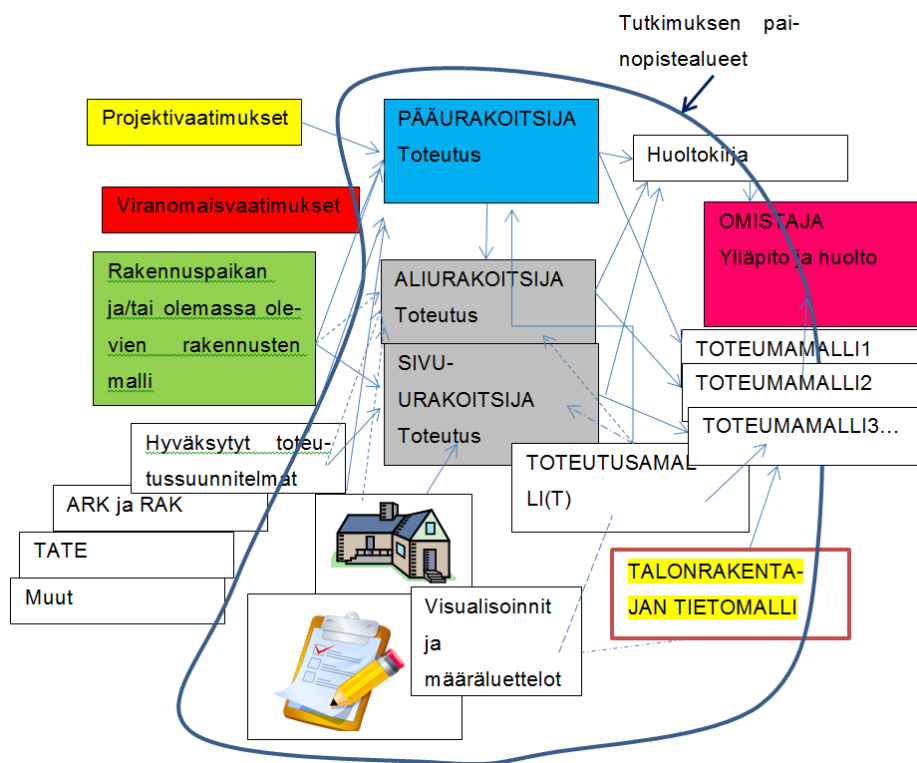
Tilaryhmämalli on tietomalli joka tuotetaan hankesuunnitteluvaiheessa. Mallissa on määritelty tilaryhmien muodot, ulottuvuudet/koko (pinta-ala ja tilavuus) ja sijainnit rakennuksessa. Tilaryhmämallia käytetään tyypillisesti rakennuksen massan ja tilaryhmittelyn arvioimiseen. Mallin avulla voidaan esimerkiksi verrata vaihtoehtoratkaisuja kuten toimintojen sijainteja ja kulkuetäisyyksiä. *Tilamalli* laaditaan niin ikään hankesuunnitteluvaiheessa. Tilamallissa on määritelty rakennuksen tilat yksitellen. Tilamallin avulla voidaan muun muassa analysoida rakennuksen elinkaarikustannuksia (LCC, *Life Cycle Costs*) ja ympäristövaikutuksia (LCA, *Life Cycle Analysis*). (Senaatti 2007.)

Alustava rakennusosamalli on rakennesuunnittelijan luonnossuunnitteluvaiheessa luoma malli. Mallissa on alustavasti määritelty tiloja rajaavat rakennusosat, ilman tuoterakennetta ja se on mahdollisesti laadittu rakennussuunnittelijan alustavan käsitteeltään vastaavan mallin pohjalta. *Rakennusosamalli* on toteutussuunnitteluvaiheen malli, jossa on määritelty rakennusosat yleisesti. Rakennemalli on rakennesuunnittelijan toteutussuunnitteluvaiheessa luoma malli rakennussuunnittelijan mallin pohjalta, johon sisältyvät muun muassa rakennuksen ja rakennusosan staattinen malli, kuormitukset ja oleelliset rakenteelliset vaatimukset. *Yhdistelmämalli* on eri suunnittelualojen malleista yhdistetty malli. Mallissa voidaan tehdä esimerkiksi törmäystarkastelu. (Senaatti 2007.)

Toteutusmalli (tuotantomalli) on rakentamisvaiheessa (kuvat 32 ja 33) tuotantosunnittelussa käytettävä rakentamisen toteutuksen malli, jossa esitetään muun muassa tehtävät, niiden ajoitus ja resurssit. Malliin liitetään usein aika (4D) ja kustannukset (5D) ja tulevaisuudessa laatu (6D). Tässä työssä syvemmin tarkasteltava malli ja rakennusprosessin vaihe. Taulukkoon neljä on koottu tietomallin tuottajat ja nimet rakennusprosessin vaiheittain.

TAULUKKO 4. Tietomallien nimet mallin tuottajan ja prosessin vaiheen mukaan
(muokattu lähteestä Harmanen 2010)

Tietomalli rakennus- prosessissa	ARK- suunnittelija	RAK- suunnittelija	TATE- suunnittelija	Urakoitsija toimittaja	Omis- taja / ylläpi- täjä / huolta- ja
Hankesuun- nittelu (korjauskoh- de)	Vaatus- malli (Inven- tointimalli)	Vaatus- malli (Inven- tointimalli)	Vaatus- malli (Inven- tointimalli)		
Ehdotus- suunnittelu	Massa-, tila- ryhmä-, tila- mallit	Tilavaraus- malli	Tilavaraus- malli		
Yleissuunnit- telu	Alustava rakennus- osamalli	Alustava rakenne- malli	Alustava järjestelmä- malli	Alustava tuotan- tomalli	
Hankintoja palveleva suunnittelu	Rakennus- osamalli - han- kin- nat	Rakenne- malli - han- kin- nat	Järjestel- mämalli - han- kin- nat	Tuotantomalli	
Toteutus- suunnittelu	Rakennus- osamalli - toteu- tus	Rakenne- malli - toteu- tus	Järjestel- mämalli - toteu- tus	Tuotantomalli	
Rakentami- nen	Toteuma- malli	Toteuma- malli	Toteuma- malli	Tuotantomalli - talonra- kentajan tietomalli	
Käyttö					Ylläpi- tomalli

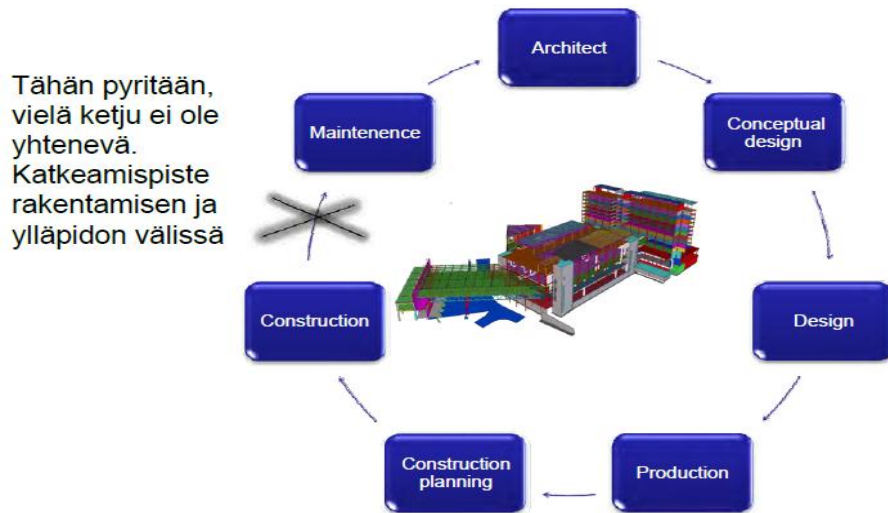


KUVA 33. Rakennuksen tietomalli rakentamisvaiheessa (Kiviniemi ym. 2007)

Toteutumamalli on rakennuksen lopullinen, ”miten-rakennettiin”-malli. Mallia päivitetään rakentamisen aikana. Mallista on tarkoitus saada ajantasainen toteumatieto rakennuksen ylläpitoon. (Senaatti 2007.) *Ylläpitomalli* on toistaiseksi vielä pilotointivaiheessa. Malli sisältää käytön ja ylläpidon aikaiset tehtävät, muutokset ja peruskorjaukset. (Senaatti 2007.)

Käytännössä tietomallien toteutus on toistaiseksi liittynyt varsin tiiviisti suunnitteluvaiheessa syntyvään tietoon ja sen käyttöön. Vaikka yleisiä tehtävä- ja prosessikuvauksia on tehty, ovat rakennushankkeen eri toimijoiden rajapinnat ja toimintatavat vielä vakiintumattomia. Tietomallin käyttöön ja päivitykseen rakennuksen käytön aikana ei ole vielä lainkaan yleistä toimintamallia. Valjuksen (2010) mukaan rakentamisen tietomallintamisen tavoite, elinkaaren aikaisen tiedon hallinta, katkeaa vielä kun tiedon

pitäisi siirtyä "miten-rakennettiin" -mallina rakennuksen käyttäjille, kuva 34. Tiedon siirtymiselle ei ole vielä vakiintunutta käytäntöä.



KUVA 34. Tiedon hallinta rakennuksen elinkaaren aikana (Valjus 2010)

Taulukossa viisi on osoitettu kuinka tietomallintamisen käyttö parhaimmillaan lyhentää rakennusprosessin alkupään ajallista kestoja. Perinteisen rakennushankkeen malli kuitenkin on juurtunut syvälle rakennusalan toimijoiden mieliin, kun taas mallintamisen tukeutuvat prosessit ovat vasta saamassa jalansijaa alan toimijoiden keskuudessa ja mielissä.

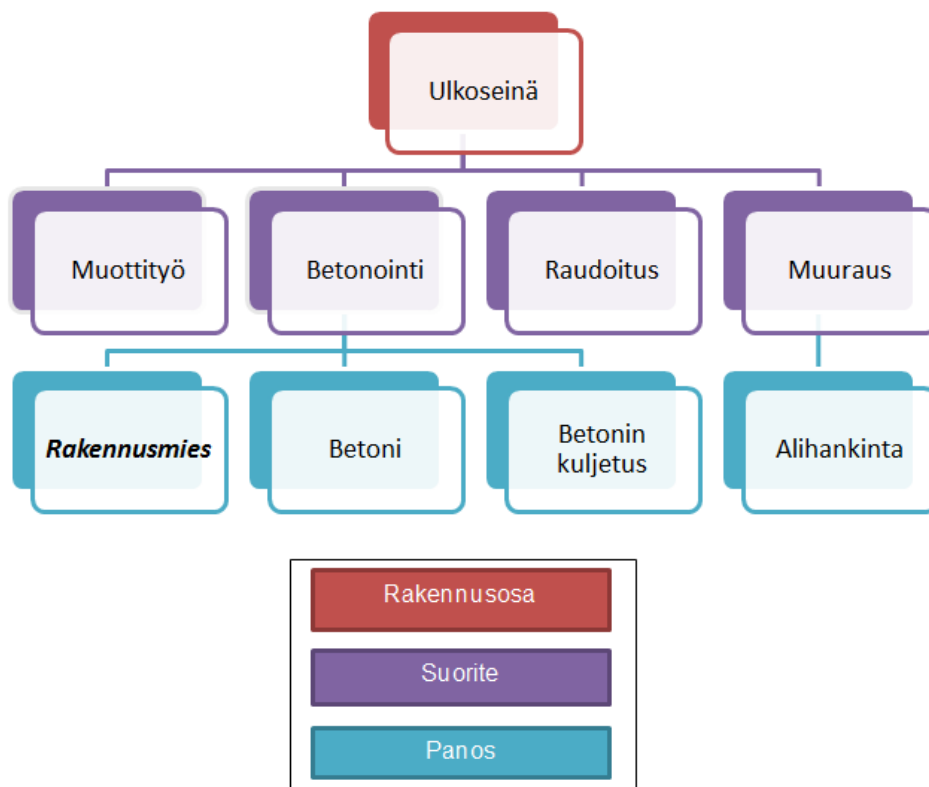
TAULUKKO 5. Rakennushankkeen vaiheet perinteisessä ja tietomallinnetussa rakennushankkeessa (Niemenoja 2003)

Perinteinen vaiheistus	Tietomallinnus	Päätös
Tarveselvitys	Vaatusmalli(t)	Hankepäätös
Hankesuunnittelu	Tilamalli(t)	Investintipäätös
Luonnossuunnittelu	Alustava(t) rakennusosamalli(t)	Rakentamispäätös
Toteutussuunnittelu	Rakennusosamalli(t)	Rakentamispäätös
Rakennuksen toteutuksen suunnittelu	Toteutusmalli(t)	
Rakentamisen suunnitelmi- en lopullinen toteuma	Toteumamalli	Vastaanottopäätös
Käyttöönotto	Ylläpitomalli(t)	Takuiden vapauttaminen

2.2.4 Tietomallipohjainen määrä- ja kustannuslaskenta

Tuoterakenteet

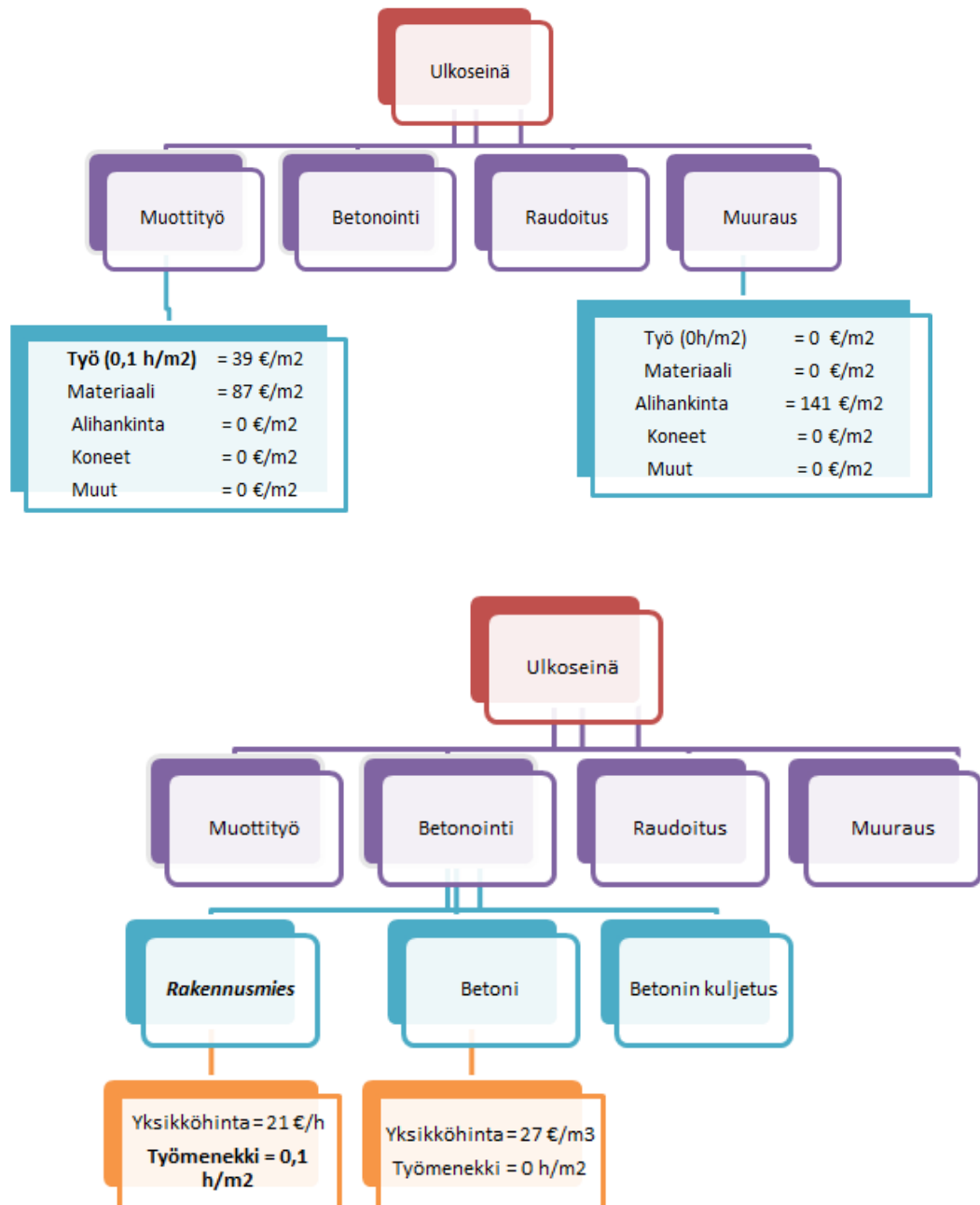
Tietomallipohjaisessa määrä- ja kustannuslaskennassa rakenneosat ja -kerrokset kuvataan yleensä tuoterakenteina. Tuoterakenne sisältää useita eri tasoja: rakenne, suorite ja panos -tasot (kuva 22). Tasoilla on oma käyttötarkoituksensa.



KUVA 22. Tuoterakenteen hierarkia (Kuusiola 2010, 9)

Rakennusosan määrät periytyvät kaikille siihen kuuluville suoritteille. Laskennassa käytetään suhteellista määrää. Laskenta voi perustua joko menekkiin ($0,57 \text{ m}^3 / \text{m}^2$) tai kaavaan ($A * B \text{ m}^3$). Kaavat hyödyntävät rakennusosien muuttujia, esimerkiksi anturan leveys (A) ja korkeus (B). Suoritteen panosmäärät lasketaan vastaavasti, lähtötietona on tällöin suoritteen määrä. (Kuusiola 2010, 11.)

Tuoterakenteet voidaan hinnoitella eri tasoilla riippuen käyttötarkoituksesta joko kustannuslajeittain tai panosten avulla (kuva 23). Hinnoittelu kattaa työmenekkien arvioinnin, mikä liittyy työn hintaan. Panokset ovat hinnoittelussa monipuolisempia, mutta ne vaativat enemmän työtä hinnoittelun alussa. (Kuusiola 2010, 12.)



KUVA 23. Tuoterakenteiden hinnoittelu kustannuslajeittain (ylempi kuva) ja panoksittain (Kuusiola 2010, 14–15)

Tuoterakenteista syntyy ”automaattisesti” tuoterakennekirjasto, joita voidaan käyttää seuraavissa hankkeissa. Kirjasto muodostuu tuoterakenteiden hierarkiaa noudattaen. (Kuusiola 2010, 8.) Ainakin osalla perustajaurakoijista on omat, tarkat, ohjeet tuotemallirakenteiden laadintaan suunnittelijoille.

2.2.5 Tietomalli rakennustyömaalla

Tässä luvussa tarkastellaan sekä rakennuksen tietomallia rakennustyömaalla että tuotantomallin tietosisältöä. Tietomallia käsitellään syvemmin yhdessä tietomallinnetun rakennusprosessin vaiheessa, rakentamisvaiheessa, rakennustyömaan näkökulmasta. Tuotantomalli (toteutusmalli) on rakentamisvaihetta varten tuotettu tietomalli. Tässä tutkimuksessa rakentamisvaiheen mallia käsitellään syvemmin, koska se on keskeisessä osassa oppilaitoksen rakennusprosessia.

Tietomallintaminen rakentamisvaiheessa

Peruskorjauskohteissa tietomallintaminen edesauttaa hyvien suunnitelmien toteuttamista. Korjattavaa rakennusta käytetään usein remontin aikana. Tietomallin avulla pystytään ottamaan huomioon rakentamisen vaikutus rakennuksen tavanomaiseen käyttöön, rakennuksen käytettävyys paranee. (Mäki ym. 2009, 6.)

Mäen ym. (2009) mukaan mallin tulisi olla käytössä jo urakkalaskentavaiheessa. Tietomallinnetussa hankkeessa määrä-, urakka- ja kustannuslaskenta helpottuu, nopeutuu, tarkentuu ja on lopputulokseltaan laadukkaampaa kuin käsinlaskennassa niin rakennuttajan kuin urakoitsijankin suorittamassa laskennassa. Urakkalaskennassa malli tulisi tarkennettua ja virheet poistettua, joten se vähentäisi toteutuksen aikaisia lisä- ja muutostöitä. Jos urakkalaskennan aikana tehtävät alustavat tuotantosunnitelmat mallinnettaisiin, saataisiin vaihtoehtoratkaisujen ja riskien määrää pienennettyä. Tilaaja hyötyy tarkemmasta tarjouslaskennasta tarkempina tarjouksina, ”oikeina” hintoina. Tietomallista saatavalla määrätietoa voidaan käyttää myös rakentamisen aikana muun muassa ajallisessa, kustannus-, sekä työmaan logistiikan ja hankintojen suunnittelussa. Hyödyt korostuvat erityisesti vaikeissa, monimuotoisissa kohteissa. Tietomalleista saatavan määrätiedon hyödyntämiseksi tulee mallien olla riittävän tarkkoja, kattavia ja oikeinlaadittuja jo tarjouslaskentavaiheessa ja erityisesti toteutusvaiheessa. Luotettavan ja kattavan määrätiedon saaminen mallista asettaa haasteen

niin suunnittelijoille kuin mallintajille sekä hankkeen suunnittelu-aikataulun laadinnalle. Suunnittelijan tulee tietää miten rakennetaan, enää ei voida jättää työmaan harteille vaikeiden toteutusten suunnittelua, ellei vaikeita toteutuksia jätetä mallintamatta. Täsmällisen mallin käyttö urakkalaskennassa edellyttää riittävää suunnittelu-aikaa, resursseja ja tietämystä siitä mitä, missä vaiheessa ja miten mallinnetaan, mikä asettaa tilaajien, rakennuttajien, ammattitaidon koetukselle tavoitteiden määrittelyssä, yksiselitteisiä mallinnusohjeita ja täsmällistä malliselostusta. (muokattu lähteestä Mäki ym. 2009, 9.)

Joillakin työmailla tietomallia hyödynnetään aikataulutuksessa ja suunnittelun ohjauksessa. Suunnittelijat näkevät tietomallissa rakenteet joihin suunnitteluresurssit tulee kohdentaa. Myös jotkut tuotevalmistajat (kuva 35) käyttävät tietomallipohjaista aikataulua oman tuotantonsa ohjauksessa ja tietomallista saatavaa mitta- ja geometriatietoa valmistuksessa. (Valjus 2010; Mäki ym. 2009, 10.)

Tehdasautomaatio

- BVBS –siirtoformaatti raudoitteiden
taijutustiedoille

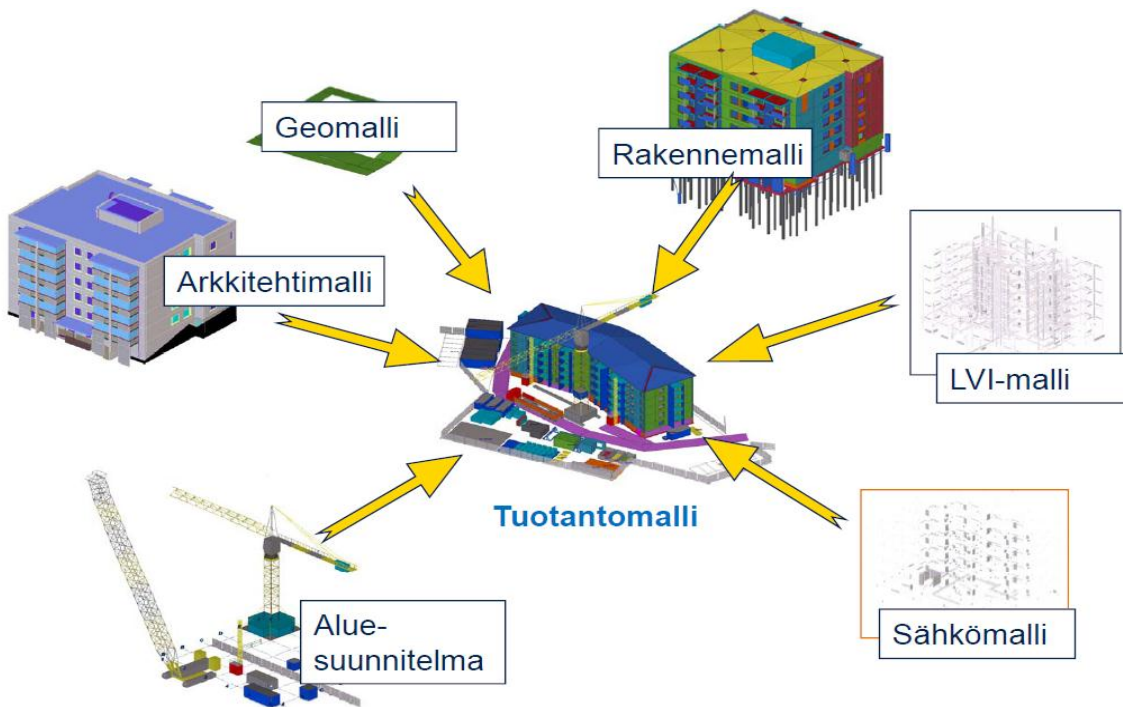
esimerkiksi työmaan kokouksissa, kuten urakoitsijapalaverissa tai tehtävän aloituspalaverissa. Malli on yhteistyön pohja. Tietomallia voidaan käyttää myös hankintojen valmistelussa tämä kuitenkin edellyttää, että malli on riittävän aikaisin riittävällä tarkkuudella käytettävissä. Tästä seuraa vaatimus puolestaan suunnitelma-aikataululle ja sen ohjaukselle. (muokattu lähteistä Mäki ym. 2009, 11; Krygiel ja Nies 2008, 34–35; Hardin 2009; Eastman ym. 2008.)

Tietomallin havainnollisuus parantaa työmaan tiedonkulkua ja yhteistyötä kaikilla tasoilla. Tietomallin havainnollisuus helpottaa rakennuksen tai aikataulun hahmottamista sekä parantaa tiedonkulkua, viestintää ja yhteistyötä osapuolien välillä. Malleja käytetään työmaalla erilaisissa (urakoitsija)palaverissa, töiden suunnittelussa, ongelmien ratkomisessa, työntekijöiden perehdytyksessä. Tietomallin hyödyntäminen ei rajoitu enää pelkästään suunnittelijoiden ja tuotannonjohdon käyttöön, vaan yhä useammin mallia tarkastellaan työntekijöiden kanssa, kun suunnitellaan tehtäviä, työjärjestystä, sijaintia, materiaalitietoa tai ratkotaan ongelmakohtia, kuten talotekniikan liittymistä tarkasteltavaan rakennusosaan. Työntekijän tai aliurakoitsijan työnjohdon perehdytyksen yhteydessä voidaan simuloida työmaan kulkureittejä tai muuta turvallisuuteen liittyviä asioita havainnollisemmin kuin perinteisten suunnitelmien äärellä. Tietomallista tuotetut kuvat, näkymät, auttavat yhteisen käsityksen muodostamisessa, tiedetään tavoite, johon pyritään. Suunnitelmien lukeminen ei edellytä enää erityisosaamista, niitä voidaan tarkastella mistä kulmasta tahansa 3D-kuvina. (muokattu lähteistä Mäki ym. 2009, 11; Eastman ym. 2008, 208–218; Krygiel ja Nies 2008, 34–35.)

Tietomallintamisen hyödyt tulevat näkyviksi myös työmaan laadunvarmistuksessa. Mallin mittatietoa voidaan hyödyntää kahdensuuntaisesti rakennustyömaan mittauksissa. Mallien mittatieto voidaan viedä takymetreihin ja vastaavasti tarkemittauksista voidaan tuoda mittatietoa malleihin. Samalla syntyy myös ylläpidolle tarkemittatietoa muun muassa TATEn sijainnista. (muokattu lähteestä Mäki ym. 2009, 13.) Sähköisiä mittausohjelmia on käytetty jo CAD-aikana (2D), jolloin tieto on viety takymetriin laskeamalla koordinaatit (x, y, z) CAD-ohjelmassa. Työmaamittauksiin ja tuotannonohjaukseen on kehitetty sittemmin mallipohjaisia ohjelmia kuten esimerkiksi M-miehen rakennusmittausohjelmat. Tieto voidaan tuoda mallista takymetriin ja viedä takymetristä takaisin malliin, esimerkiksi tarkemittatiedoksi. Tällöin voidaan puhua mittamallista ja sen tuottamisesta sähköisesti. Merkittävä edistysaskel on ollut mittatiedon tehokkaampi käsittely ja luotettavuus. (M-Mies Oy:n www-sivut.)

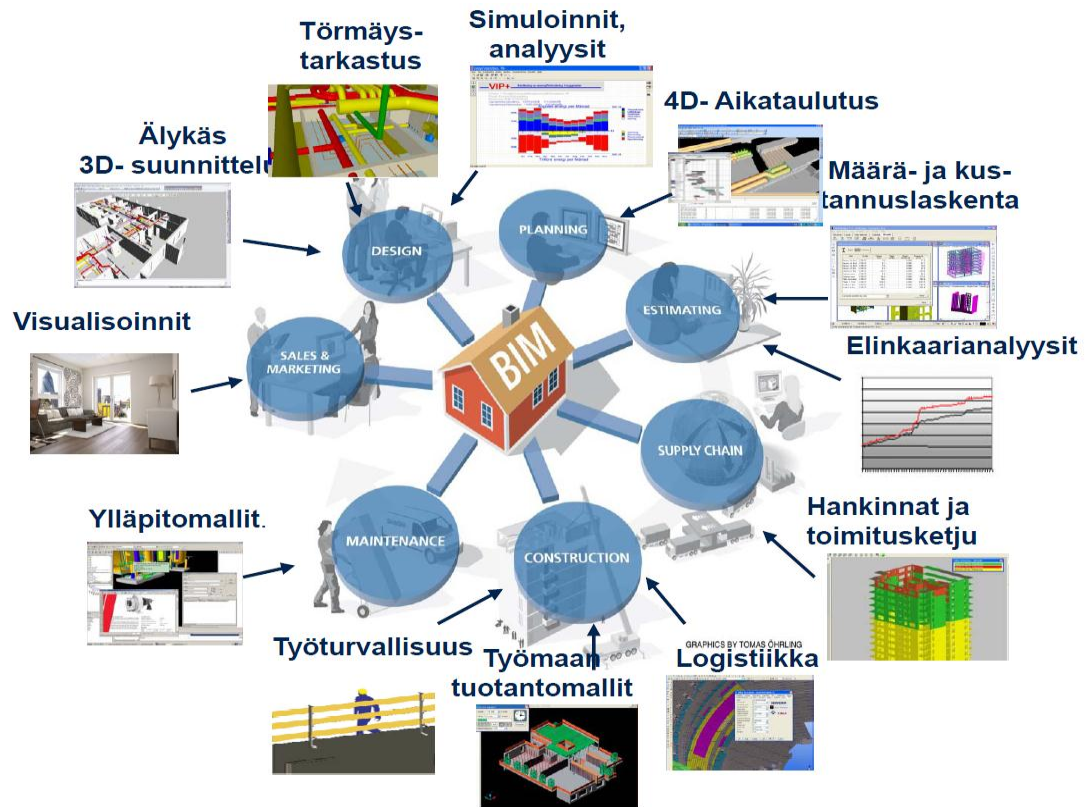
Tuotantomallin (toteutusmallin) tietosisältö

Tuotannon näkökulmasta tietomallin tulisi sisältää kaikki se tieto, joka tarvitaan rakennuksen rakentamiseksi. Vaatimus voidaan tiivistä seuraavasti: ”mallinna siten kuin rakennat” (Kuusela 2012). Tietomallin tulee sisältää yksityiskohtainen tieto rakennuksen rakentamiseksi tarvittavista rakennusosista, liittymistä, materiaaleista, työmenetelmistä, asennusolosuhteista ja niin edelleen. Kaikkea tietoa ei pidä sisällyttää malliin vaan tulee käyttää niin sanottua attribuuttitietoa, kuten Ratu Net rakennekirjastoa ja vastaavilla periaatteilla tuotettua menetelmätietoa, aika-, kustannus- ja laatu-tietoa. Tuotantomalliin rakentuminen muista malleista on esitetty kuvassa kolmekymmentäkuusi, kaikkea tietoa ei siirretä tuotantomalliin, yhdistelmämalliin, vain se mitä tarvitaan, mitä se sitten onkaan?



KUVA 36. Skanskan tuotantomalli (Skanska/Koppinen 2010b)

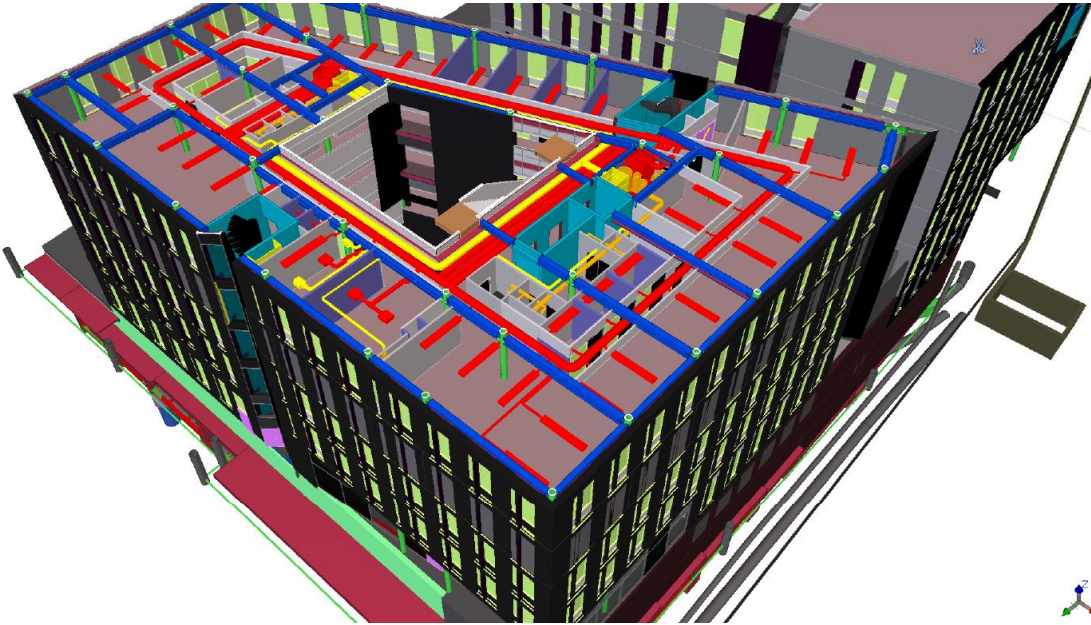
Rakennusalan yritykset, rakennusliikkeet, ovat ottaneet ainakin osittain tietomallintamisen kehittämistehtävän itselleen. Esimerkiksi Skanska Oy kehittää (kuva 37) tietomallisovelluksia omiin tarpeisiinsa. Vastaavan tyypistä kehittämistyötä on tehty ja tehdään ainakin Lemminkäisessä.



KUVA 37. Skanskassa kehitettävät tietomallisovellukset (Skanska/Koppinen 2010b, 7)

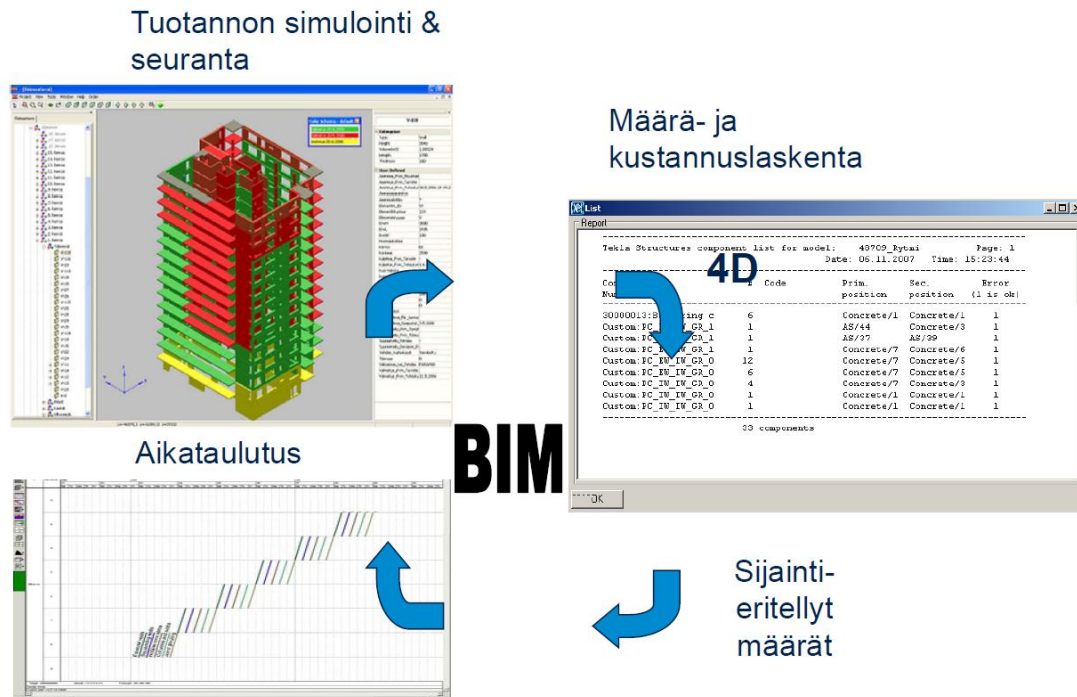
Koppisen (2010, 8) mukaan mallien hyödyntämisessä on otettava huomioon hankkeiden erilaisuus, kuten onko kysymyksessä urakoitava vai perustajaurakoitava kohde. Perustajaurakointikohteissa voidaan vaikuttaa suunnittelun ohjaukseen kun taas urakatuotannossa malli on, jos on, valmiina. Mallit ovat joka tapauksessa hyvä väline kohteeseen tutustumiseksi ja määrien tuottamiseen. Tarvitaan kuitenkin yhteistyötä rakennushankkeen osapuolten välillä, jotta malleja pystytään todella hyödyntämään tulevaisuudessa. (muokattu lähteestä Koppinen 2010b, 10.)

Tuotantoa varten tietomalleista muodostetaan niin sanottu yhdistelmämalli (kuva 38), jossa yleensä tietomallikoordinaattori yhdistää kohteen toteuttamiseksi tarvittavan tiedon eri suunnittelijoiden tuottamista malleista. Mitä tietoa mallissa tarvitaan tuotannon näkökulmasta, selvitetään työmaalta. (Appelqvist 2010.)



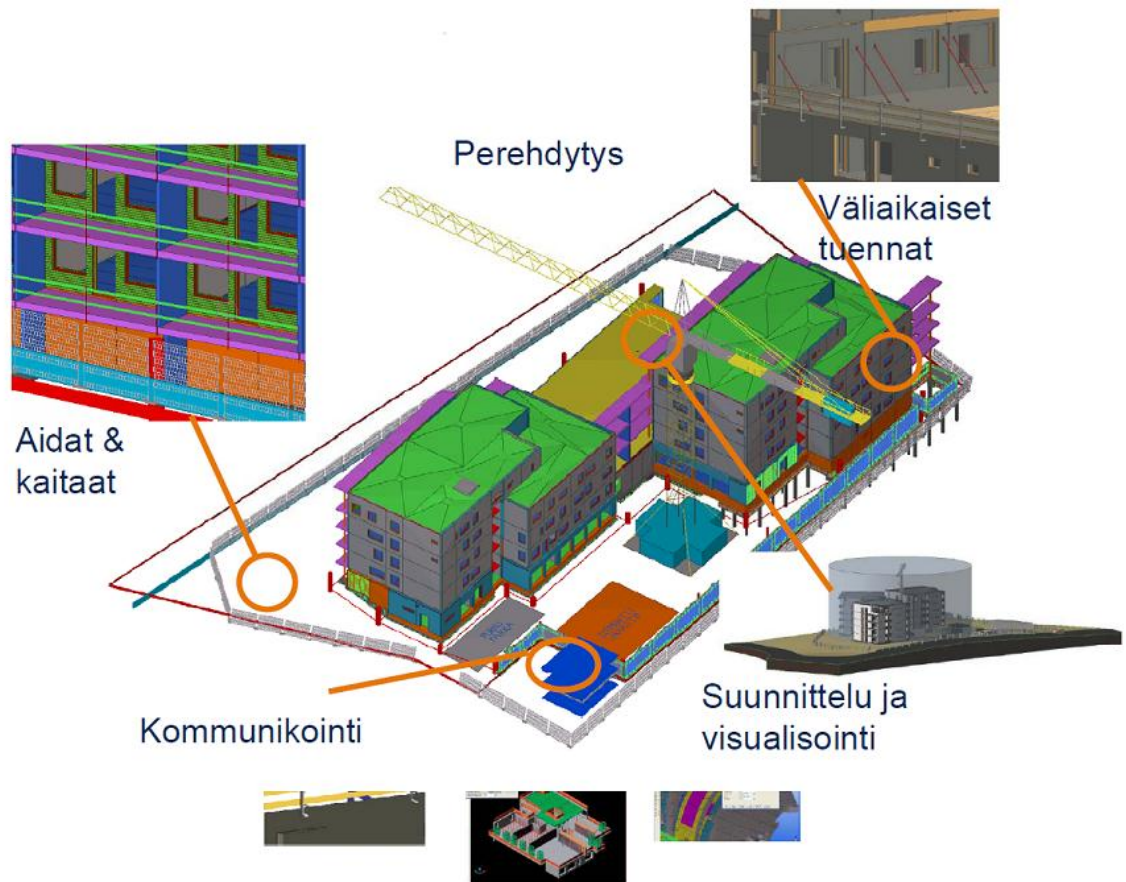
KUVA 38. Yhdistelmämalli tuotantoa varten (Skanska/Koppinen 2010b)

BIMin käytöstä tuotannon simuloinnissa, seurannassa, määrä- ja kustannuslaskennassa ja aikataulutuksessa on esimerkki kuvassa kolmekymmentäyhdeksän.

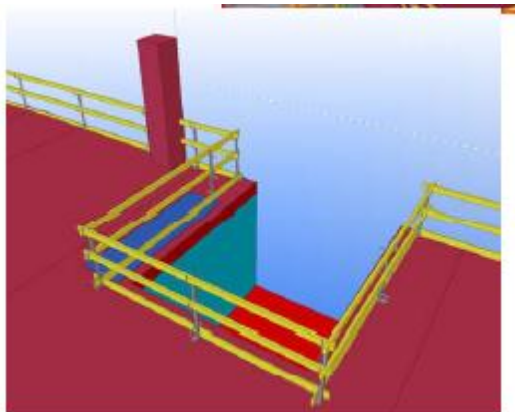


KUVA 39. BIM tuotannonsuunnittelussa (Skanska/Koppinen 2010b, 21)

BIMin käyttöesimerkkejä työmaan alue- ja turvallisuussuunnittelussa ja hallinnassa on esitetty kuvissa neljäkymmentä ja neljäkymmentäyksi.

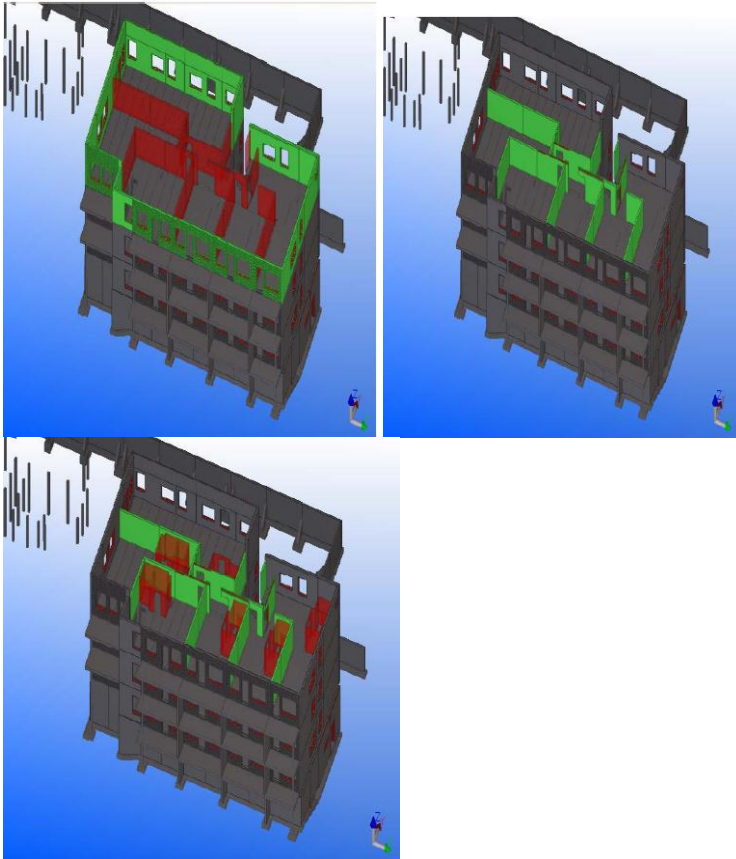


KUVA 40. BIM aluesuunnitelman laadinnassa (Skanska/Koppinen 2010b, 25)



KUVA 41. BIM turvallisuussuunnittelussa (Skanska/Koppinen 2010b, 25)

BIMiä voidaan käyttää rakennuksen virtuaalisessa rakentamisessa muun muassa visualisoimalla ja havainnollistamalla esimerkiksi rakennusosien valmistusjärjestys kuten kuvassa neljäkymmentäkaksi on tehty.

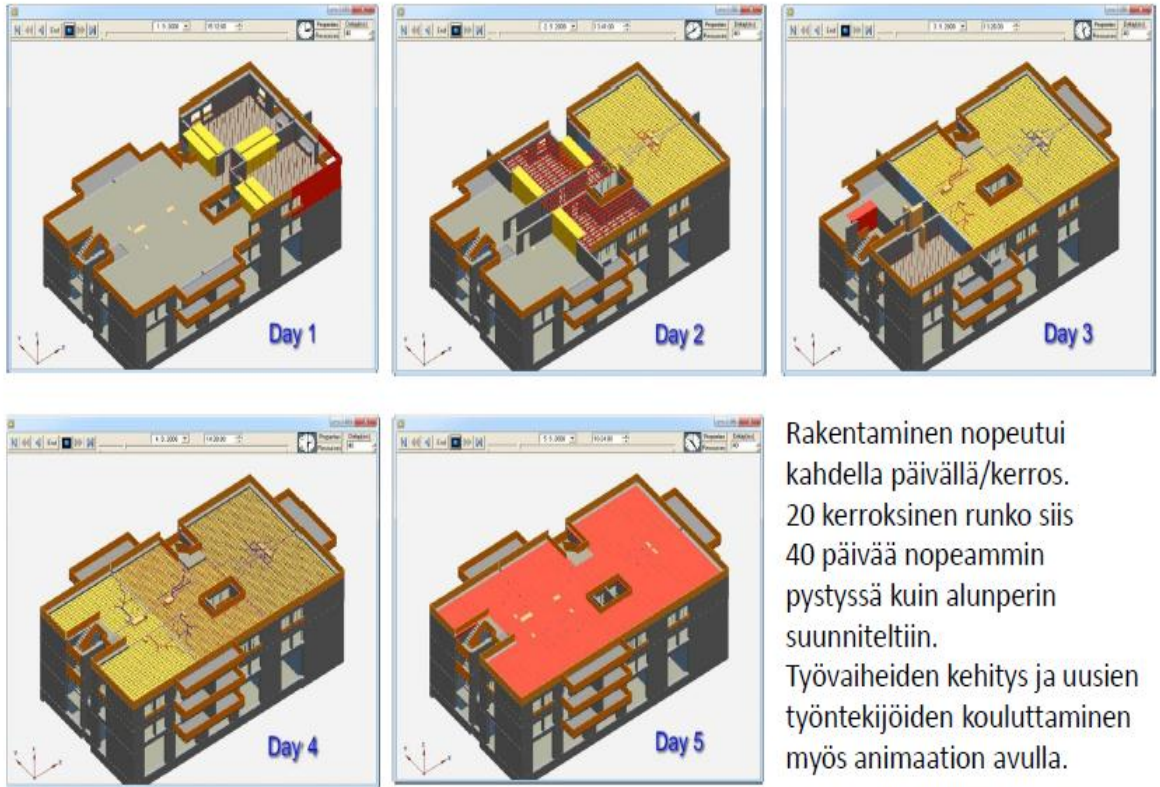


KUVA 42. BIM visualisoinnissa, havainnollistamisessa (Skanska/Koppinen 2010b, 28–30)

BIMin käyttö tuotannonsuunnittelussa tuotantojärjestyksen, menetelmävaihtoehtojen ja tuotantojärjestelmän valinnassa helpottaa ”oikean” vaihtoehdon valinnassa (kuvat 45 ja 46). Tehtäväsuunnittelussa mallia voidaan käyttää myös työntekijöiden kouluttamiseen.

Yhden kerroksen työvaiheet animaationa

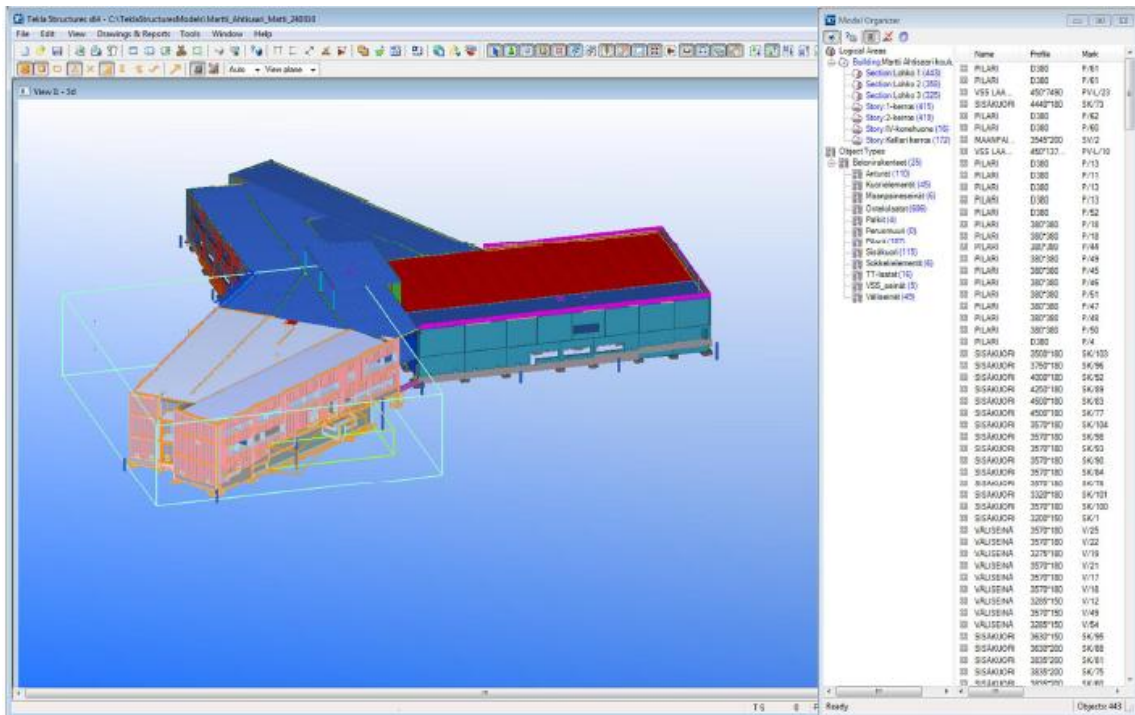
Työvaiheiden hionta 4D-tuotantomallissa, eri vaihtoehtojen laatiminen



Rakentaminen nopeutui kahdella päivällä/kerros. 20 kerroksinen runko siis 40 päivää nopeammin pystyssä kuin alunperin suunniteltiin. Työvaiheiden kehitys ja uusien työntekijöiden kouluttaminen myös animaation avulla.

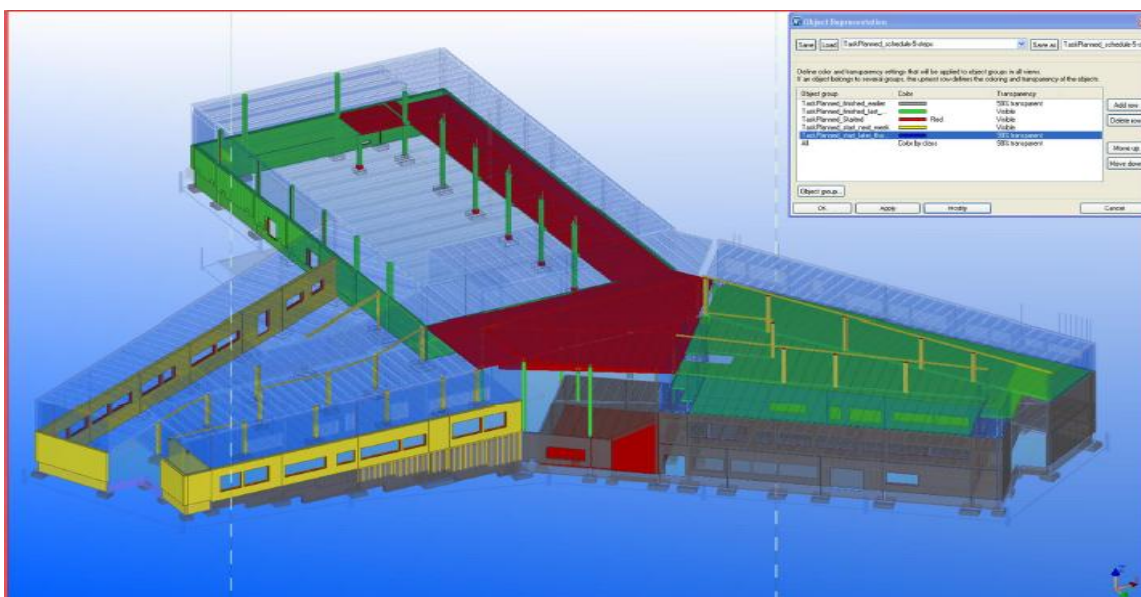
KUVA 46. BIM työvaiheiden animoinnissa ja koulutuksessa (Ikonen 2010, 9)

BIMin avulla voidaan rakennusalalla yleisesti käytettyä lohkotekniikka viedä askelta pidemmälle esimerkiksi havainnollistamisessa ja risteyskohtien tarkastelussa (kuva 47).

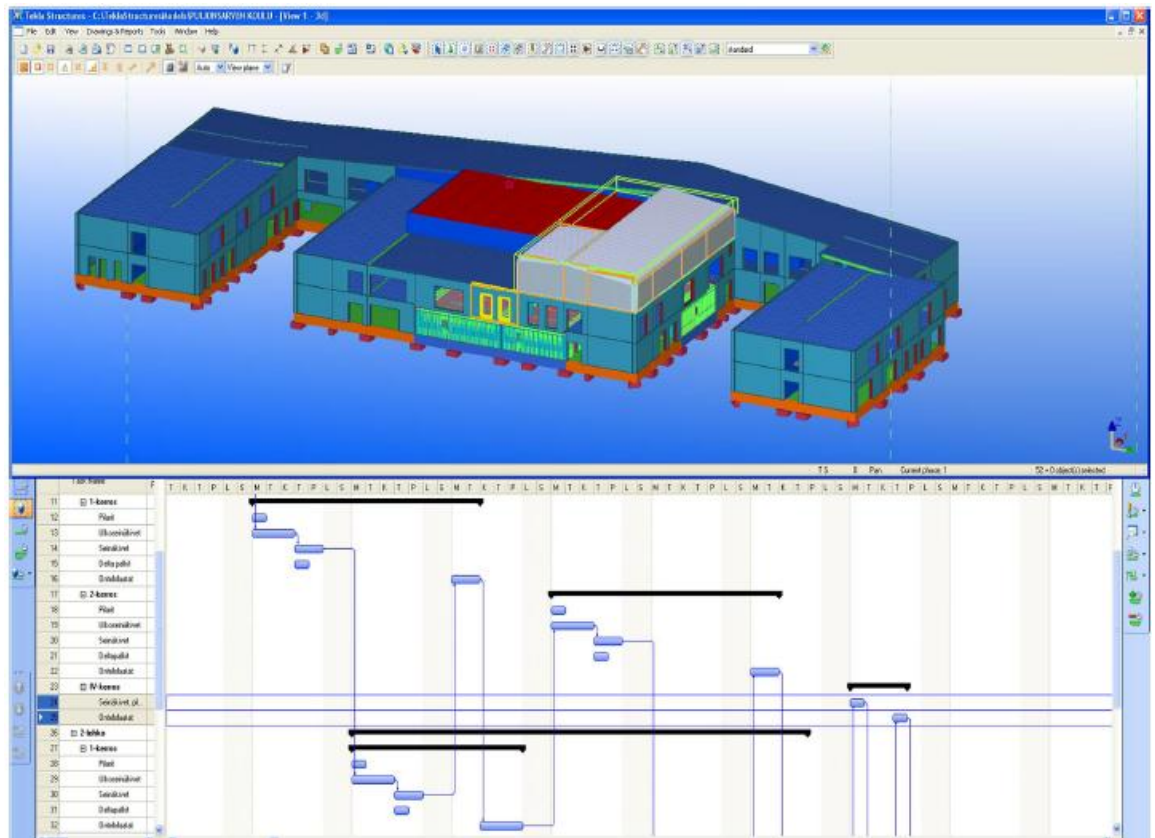


KUVA 47. Lohkotekniikka tietomallissa (Partanen 2010, 9)

Tietomallin avulla voidaan mallintaa tuleva asennusaikataulu ja -järjestys virtuaalisesti (kuvat 48 ja 49).



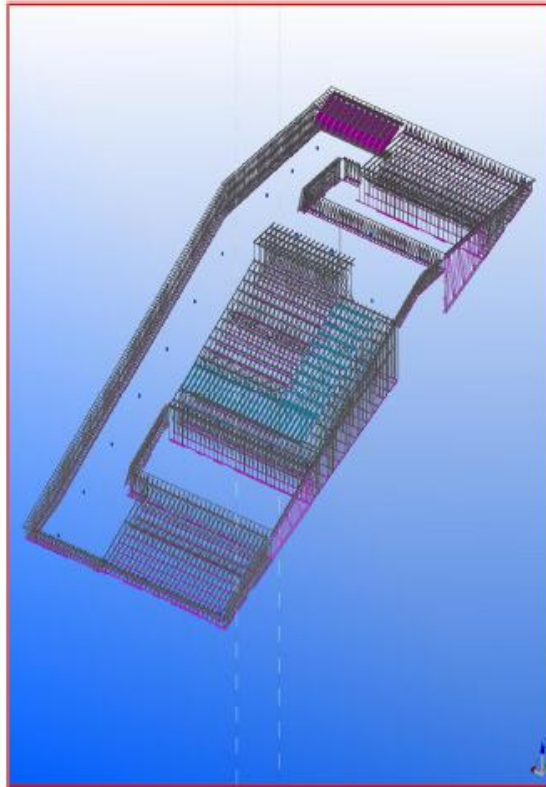
KUVA 48. Suunniteltu asennusaikataulu ja -järjestys mallilla (Partanen 2010, 10)



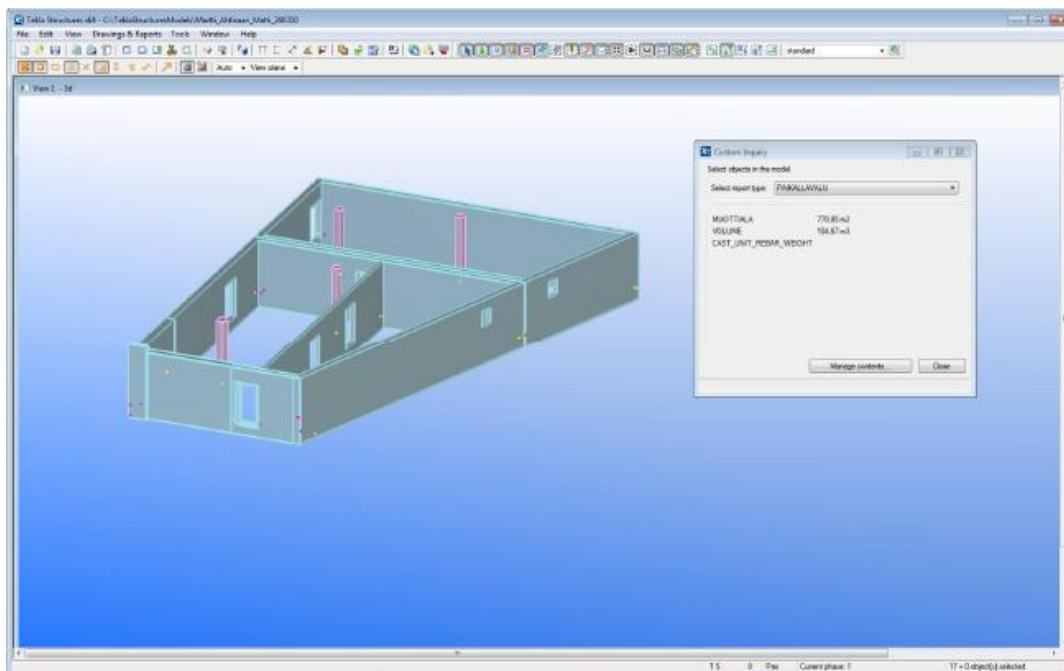
KUVA 49. Iv-konehuoneen asennusaikataulu (Partanen 2010, 12)

Tietomallista saadaan mallinnustarkkuuden puitteissa ulos määrät, kuten esimerkiksi kattorakenteiden puutavara ja raudoiteluettelot katkaisulistoineen (kuvat 50–52).

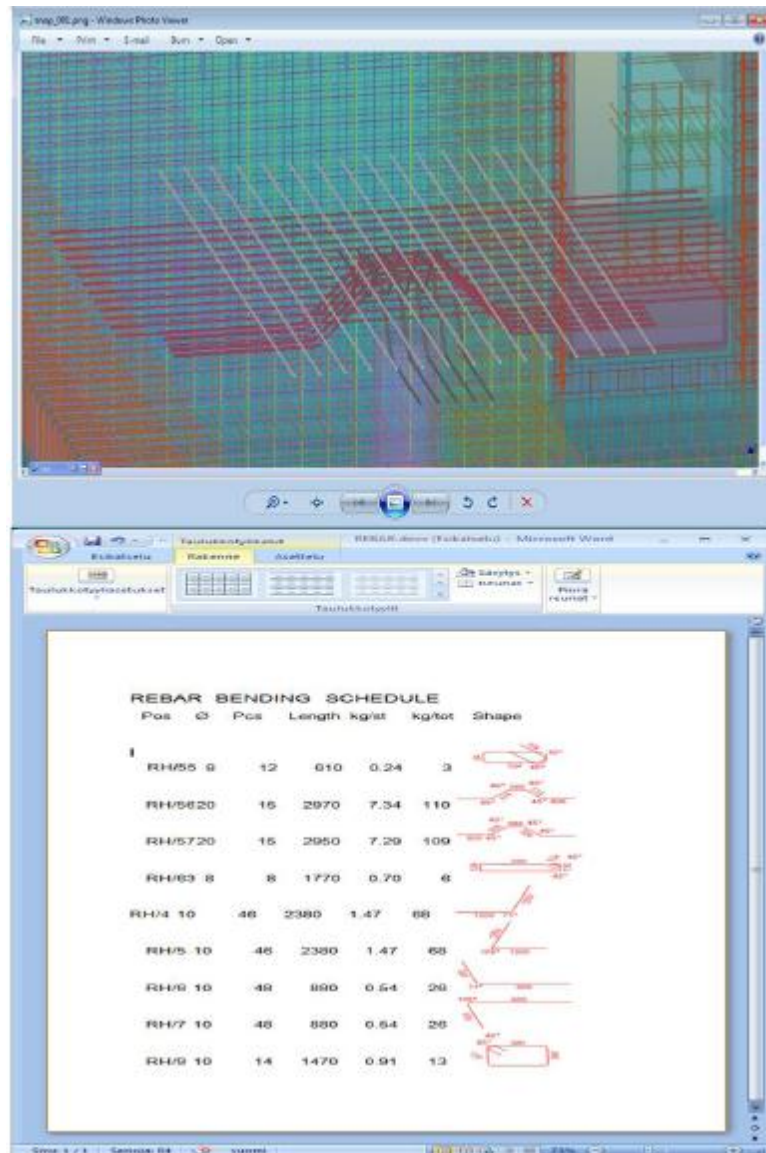
Profile	Grade	Qty	Length(m)	Net Area(m ²) for one	Net Area(m ²) for all	Net Weight(kg) for one	Net Weight(kg) for all
50*100	T24	18	396.63	0.13	2.35	0.86	15.28
50*100	T24	1	773.5	0.24	0.24	1.74	1.74
50*100	T24	1	718.52	0.25	0.25	1.75	1.75
50*100	T24	1	944.84	0.28	0.28	2.13	2.13
50*100	T24	1	1125.89	0.35	0.35	2.54	2.54
50*100	T24	1	1305	0.45	0.45	3.94	3.94
50*100	T24	2	1342.44	0.41	0.82	3.02	6.04
50*100	T24	2	1452	0.45	0.9	3.38	6.75
50*100	T24	1	1452.1	0.45	0.45	3.38	3.38
50*100	T24	28	1456.66	0.45	12.62	3.38	94.77
50*100	T24	1	1457.47	0.45	0.45	3.38	3.38
50*100	T24	1	1481.03	0.45	0.45	3.38	3.38
50*100	T24	1	1874	0.51	0.51	3.77	3.77
50*100	T24	1	1736.87	0.53	0.53	3.86	3.86
50*100	T24	1	1940	0.60	0.60	4.41	4.41
50*100	T24	1	1940.26	0.60	0.60	4.41	4.41
50*100	T24	1	2035.01	0.64	0.64	4.86	4.86
50*100	T24	28	2147.82	0.67	18.74	4.95	138.47
50*100	T24	1	2217.21	0.70	0.70	5.21	5.21
50*100	T24	1	2470	0.75	0.75	5.56	5.56
50*100	T24	1	2470.01	0.75	0.75	5.56	5.56
50*100	T24	58	2537.2	0.77	44.96	5.71	331.82
50*100	T24	1	2579.34	0.87	0.87	6.48	6.48
50*100	T24	2	2845.42	0.91	1.81	6.72	13.43
50*100	T24	4	2194.96	0.97	3.88	7.17	28.68
50*100	T24	1	3185.01	0.97	0.97	7.17	7.17
50*100	T24	1	3240	0.96	0.96	7.26	7.26
50*100	T24	1	3250	0.96	0.96	7.33	7.33
50*100	T24	1	3275.94	0.96	0.96	7.37	7.37
50*100	T24	1	3450.01	1.05	1.05	7.76	7.76
50*100	T24	1	3490	1.06	1.06	7.85	7.85
50*100	T24	2	3814.94	1.06	2.12	8.13	16.27
50*100	T24	1	3754.82	1.12	1.12	8.34	8.34
50*100	T24	1	3980	1.26	1.26	8.91	8.91
50*100	T24	2	4000	1.21	2.42	9.05	18.09
50*100	T24	1	4014.96	1.21	1.21	9.05	9.05
50*100	T24	1	4135.04	1.24	1.24	9.24	9.24
50*100	T24	1	4248	1.28	1.28	9.55	9.55
50*100	T24	1	4513.35	1.28	1.28	10.15	10.15
50*100	T24	1	5834.33	1.75	1.75	12.85	12.85
50*100	T24	1	6040	1.82	1.82	13.59	13.59
50*100	T24	1	6040.02	1.82	1.82	13.59	13.59
50*100	T24	1	6040.38	1.82	1.82	13.59	13.59
50*100	T24	1	6055.96	1.82	1.82	13.81	13.81
50*100	T24	1	6205.64	1.81	1.81	14.26	14.26
50*100	T24	3	6637.46	2.06	6.09	14.83	44.89
50*100	T24	2	7542.02	2.12	4.25	15.94	31.88
50*100	T24	1	7546.34	2.14	2.14	15.97	15.97



KUVA 50. Kattorakenteiden puutavara mallista (Partanen 2010, 13)

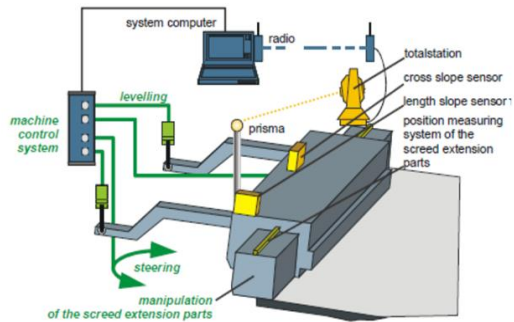


KUVA 51. Muottineliöt ja betonikuutiot suoraan mallista (Partanen 2010, 7)



KUVA 52. Raudoiteluettelot saadaan suoraan mallista (Partanen 2010, 8)

Tieto voi kulkea jo suoraan tietomallista työkoneeseen ja päinvastoin (kuva 53). Infra-rakentamisessa menetelmät ovat jo käytössä, talonrakentamisessakin ollaan menossa vastaavaan suuntaan.



- työkoneissa käytetään automaattisia koneohjausjärjestelmiä
- työmaalla on käytössä langaton tiedonsiirtojärjestelmä
- työkoneissa on automaattiset laadunseuranta- ja dokumentointijärjestelmät
- urakoitsijoilla on käytössä reaaliaikainen mobiiliteknologiaan perustuva raportointijärjestelmä => tilaaja voi valvoa laadun saavuttamista helpommin

KUVA 53. Koneautomaation ja mobiiliteknologian hyödyntäminen (Mäkelä)

2.3 Rakennusalan perustutkinnon tutkinnon perusteet ja tietomalli

Tässä luvussa käsitellään rakennusalan perustutkinnon tutkinnon perusteita, rakennusalan perustutkinnon tavoitteita, tutkinnon osien ammattitaitovaatimuksia ja keskeistä sisältöä. Lisäksi esitellään tietoyhteiskuntakehittäminen toisen asteen ammatillisessa peruskoulutuksessa. Lopuksi todetaan tietomallintamisen tilanne rakennusalan perustutkinossa.

2.3.1 Rakennusalan perustutkinnon tavoitteet

Rakennusalan perustutkinnon tavoitteet, tutkinnon muodostuminen, tutkinnon suoritus, tutkinnon osat ja arviointi esitetään ammatillisen perustutkinnon perusteissa. Tutkinnon perusteet ovat Opetushallituksen antama määräys, jota koulutuksen järjestäjän on noudatettava. Oman tahtotilansa, kuten paikallisuuden, koulutuksen järjestäjän esittää oppilaitoskohtaisessa opetussuunnitelmassa. Opetussuunnitelma laaditaan yhteistyössä työelämän ja opiskelijoiden kanssa. Voisiko osa paikallisuutta olla tietomallin osaamisen leventäminen korkeakoulusta ammatilliseen koulutukseen?

Rakennusalan perustutkinnon suorittaneella on valmiudet työllistyä rakennusalan tuotannon suorittaviin tehtäviin. Seuraavassa on kuvattu rakennusalan perustutkinnon yleisistä tavoitteista ne, joilla on havaintojen perusteella liittymäpinta tietomallintamiseen, mallin käyttöön oppimisprosessissa ja osaamisen, ammattitaidon, osoittamisessa. Yleiset tavoitteet ovat tarkemmin liitteessä 1.

Rakennusalan perustutkinnon suorittaneella, talonrakentajalla, on monipuolinen ammattitaito ja hän kehittää sitä jatkuvasti. Talonrakentaja pystyy näkemään työnsä osana suurempia tehtäväkokonaisuuksia ja pystyy ottamaan huomioon lähialojen, kuten talotekniikan ammattilaisten tehtävät omassa työssään. Rakennusalan ammattilainen tekee työnsä rakennusalan laatuvaatimusten mukaisesti sekä käsittelee materiaaleja huolellisesti ja taloudellisesti. Hän osaa: suunnitella työnsä piirustuksien avulla, tehdä materiaali- ja työmenekkilaskelmia sekä esitellä ja arvioida omaa työtään.

Rakennusalan perustutkinnon suorittanut osaa lukea talon- ja maarakentamiseen liittyviä piirustuksia. Hänellä on mittauksissa ja rakennus-

työmaan laskentatehtävissä tarvittavat matemaattiset valmiudet. Hän osaa rakennusfysiikan perusteet, jotka tulevat entistä tärkeämmiksi korjausrakentamisen lisääntyessä. Laaja-alaisten elinkaari palvelumallien yleistyessä rakennusalan yrityksissä, rakennusalan ammattilaisen on toimittava erilaisissa vuorovaikutustilanteissa yhteistyökykyisesti sekä ilmaistava näkökantoja selkeästi ja luottamusta herättäen. (OPH 2009, 10.)

Rakennusalan perustutkinnon suorittanut ottaa erityisen tarkkaan huomioon työn turvallisuuden sekä työkyvyn edistämisen, koska rakennusala on työturvallisuudeltaan vaarallinen toimiala ja turvallisia työtapoja sekä oikeaa asennetta arvostava työturvallisuuskulttuuri on vasta kehittymässä rakennusosalalle. Ympäristötietoisuus rakentamisessa edellyttää rakentajilta uusia tietoja esimerkiksi eri materiaalien ominaisuuksista. Rakennusalan ammattilaisen osaa vastata asiakkaan kysymyksiin materiaalin tai tuotteen valmistuksen, käytön ja hävittämisen yhteydessä syntyvistä päästöistä ja jäteongelmista. Rakennusosalalla toimivat osaavat käyttää tietotekniikkaa. Lähitulevaisuudessa ollaan tilanteessa, jossa kaikki rakennusalan tieto voi olla ja liikkua osapuolten välillä sähköisenä. Tällaisen tiedonsiirron osaaja on alalla etulyöntiasemassa, koska sähköinen tiedonsiirto merkitsee nopeutta ja tietojen tehokasta hyödyntämistä (OPH 2009, 11.)

2.3.2 Tutkinnon osien ammattitaitovaatimukset ja keskeinen sisältö

Tutkinnon osan ammattitaitovaatimukset on avattu tutkinnon perusteissa kunkin tutkinnon osan alussa opiskelijan osaamistavoitteina. Tutkinnon osan arvioinnin kohteet ovat samalla tutkinnon osan keskeinen sisältö ammatillisessa peruskoulutuksessa. Tutkinnon osa on jokin työelämän työtehtäväkokonaisuus, esimerkiksi Perustustyöt, jonka ammattitaitovaatimuksista on alla esitetty osa. Tässä työssä verrataan tutkinnon perusteissa esitettyjä ammattitaitovaatimuksia ja arvioinnin kohteita tietomallintamisen mahdollisuuksiin aikaisemman tutkimuksen avulla, työssä käsiteltävät tutkinnon osat ovat koko laajuudeltaan liitteessä 1.

Perustustöiden ammattitaitovaatimuksia:

Opiskelija osaa

- *suunnitella oman työnsä piirustuksien ja/tai rakennetta koskevan työselityksen avulla*
- *vastaanottaa, varastoida ja suojata perustustöissä tarvittavia materiaaleja työmaasuunnitelman mukaan*
- *lukea rakennuspiirustuksia ja tehdä perustustöihin liittyviä materiaalitylaskelmia*
- *käyttää henkilökohtaisia suojaimia, ottaa huomioon työturvallisuusnäkökohdat ja ylläpitää työkykyä. (OPH 2009, 29.)*

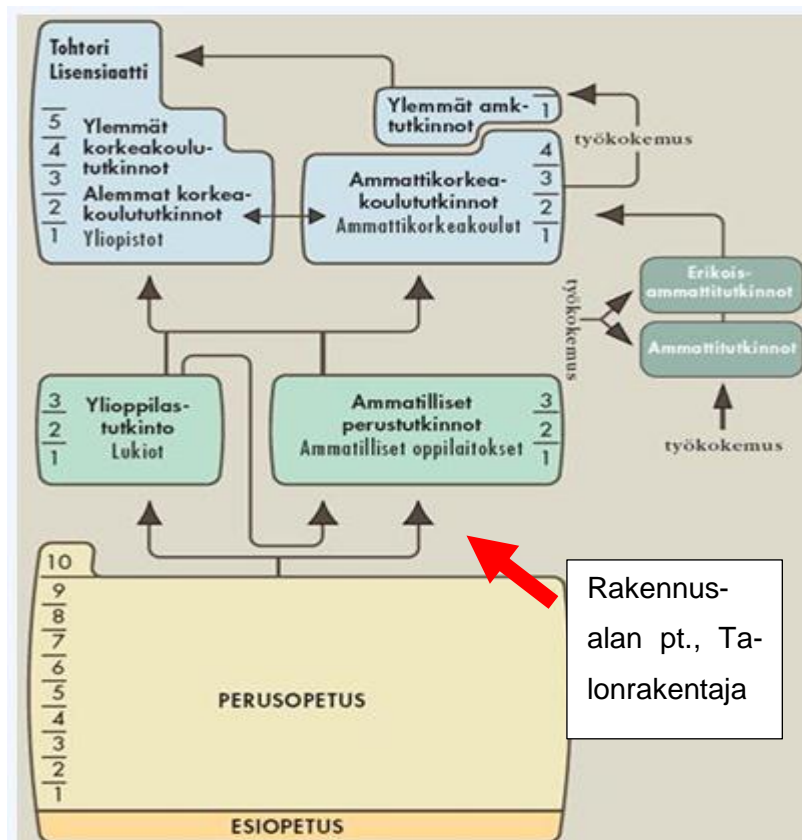
Tutkinnon osan arvioinnin kohteet ovat: työprosessin, työmenetelmien, -välineiden ja materiaalin, työn perustana olevan tiedon ja elinikäisen oppimisen avaintaitojen hallinta. (OPH 2009, 245.) Arviointikriteerit on avattu tutkinnon perusteissa kolmella tasolla; tyydyttävä (T1), hyvä (H2) ja kiitettävä (K3). Taulukossa kuusi on esitetty Perustustyöt-tutkinnon osasta esimerkin tavoin tutkinnon perusteissa määrätyt arvioinnin kohteet ja -kriteerit.

TAULUKKO 6. Esimerkki arvioinnin kohteista ja -kriteereistä työprosessin hallinnasta (OPH 2009, 30–31)

ARVIOINNIN KOHDE	Arviointikriteerit		
1. Työprosessin hallinta	Tyydyttävä T1	Hyvä H2	Kiitettävä K3
	Opiskelija		
Oman työn suunnittelu ja suunnitelmien tekeminen	suunnittelee ohjattuna omaa työtään	suunnittelee annettujen ohjeiden mukaan oman työnsä	tekee toteuttamiskelpoisen työsuunnitelman itsenäisesti
Työn kokonaisuuden hallinta	noudattaa työaikoja ja toimii ohjattuna työohjeiden mukaisesti	noudattaa työaikoja ja annettuja työohjeita	noudattaa työaikoja ja työohjeita sekä neuvottelee mahdollisista poikkeamista
	tekee tavanomaisten anturoiden muotti-, raudoitus-, ja	tekee tavanomaisten anturoiden muotti-, raudoitus-, betonointi-, purku- ja	tekee tavanomaisten anturoiden muotti-, raudoitus-, betonointi-, purku- ja
	toimii muuraustyöryhmän jäsenenä aiheuttamatta häiriötilanteita	muuraa ohjattuna perustusharkkoja valmiiden johteiden mukaisesti	muuraa perustusharkkoja valmiiden johteiden mukaisesti
Perustuselementtien asennuksen hallinta	tekee perustuselementtien yöhön liittyviä avustavia tehtäviä	toimii ohjattuna työryhmän jäsenenä perustuselementtejä asennettaessa aiheuttamatta häiriötilanteita	toimii työryhmän jäsenenä perustuselementtejä asennettaessa

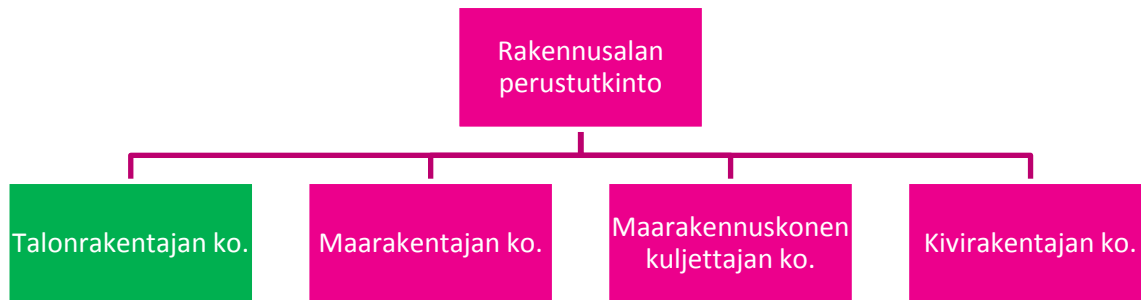
Rakennusalan perustutkinnon sijoittuminen koulutusrakenteeseen

Rakennusalan perustutkinto on toisen asteen ammatillista koulutusta (kuva 54). Koulutuksen tuottaman ammattitaidon avulla voi työllistyä rakennusalan varsin monipuolisiin tehtäviin. Tutkinto tuottaa myös jatkotutkintokelpoisuuden esimerkiksi ammattikorkeakouluun.



KUVA 54. Suomen koulutusjärjestelmä, ammatillisen perustutkinnon liittyminen siihen (muokattu lähteestä OPH 2009)

Rakennusalan perustutkinnon voi suorittaa neljässä koulutusohjelmassa (kuva 55), joista Savon ammatti- ja aikuisopistossa ainoastaan Talonrakentajana koulutusohjelmassa.



KUVA 54. Rakennusalan perustutkinnon koulutusohjelmat (OPH 2009, 13)

Rakennusalan perustutkinto, kuten muutkin perustutkinnot, rakentuu ammatillisista, ammattitaitoa täydentävistä ja vapaasti valittavista tutkinnon osista kuvan viisikymmentäviisi mukaan. Tutkinnon muodostuminen on esitetty liitteessä 1 tarkemmin, esimerkiksi kaikki valinnaiset tutkinnon löytyvät sieltä.



KUVA 55. Rakennusalan perustutkinnon muodostuminen

2.3.3 Tietoyhteiskuntakehittäminen ja rakennusalan perustutkinto

Opetus- ja kulttuuriministeriö asetti vuonna 2009 valmisteluryhmän laatimaan ehdotuksia opetuksen toimialan tietoyhteiskunta-asioiden kehittämiseksi, poliittisen päätöksenteon tueksi, kansallisten tavoitteiden asettamiseksi tuleville vuosille, toimialan toimintatapojen uudistamiseksi ja tasa-arvoisten koulutusmahdollisuuksien turvaamiseksi. (Opetusministeriö (myöh.) OKM 2010.)

Tietoyhteiskunnan nykytila ja haasteet

Suomen opetus on kansainvälisten arviointien perusteella huippuluokkaa. Tieto- ja viestintätekniikan opetuskäytön tilanne ei ole niin hyvä. Vaikka Suomessa on investoitu voimakkaasti laitteisiin ja verkkoyhteyksiin, pedagogiikka ja koulun toimintakulttuuri ei ole juurikaan muuttunut. Uusia, teknologian tukemia, pedagogisia mahdollisuuksia ei ole hyödynnetty siinä määrin kuin olisi ollut mahdollista. (OKM 2010, 9.)

Oppilaitosten toimintakulttuurin muutoksen toteuttaminen on yksi keskeisimpiä haasteita tieto- ja viestintätekniikan käytön edistymisessä vastaamaan paremmin opiskelijan tarpeita ja oppimistapaa. Tieto- ja viestintätekniikan avulla voidaan ottaa käyttöön yhteisöllinen ja osallistava toimintamalli opetuksessa ja opiskelussa. Lisäksi tieto- ja viestintätekniikka soveltuu tiedon jakamiseen, hyödyntämiseen sekä muuhun vuorovaikutukseen. Nykyisen mediakulttuurin (läpi)näkyvä toimintatapa edellyttää oppilaitoksilta joustavuutta ja valmiutta uudistua sekä rohkeutta avata toimintaansa. Nuorten oppiminen tapahtuu ainakin osittain eri tavoin kuin vanhemmilla ikäluokilla. Nuorille luontaisia toimintatapoja ovat visuaalisuus, monimediaalisuus, yhteistyö ja jakamisen kulttuuri. Opetuksen tulee lähentää tätä toimintaa myös oppimista tukevaksi. Koko työyhteisön tulee osallistua ja tukea muutosta. (OKM 2010, 9.)

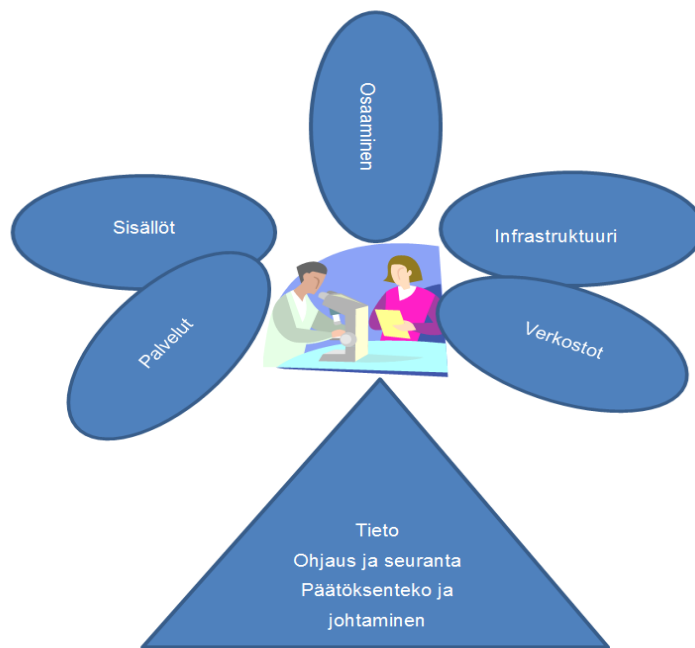
Opiskelijoiden tietotekninen osaaminen keskittyy pääosin viihdekäyttöön ja sosiaalisen median käytön hallintaan, osaamistaso on kohtuullinen. Puutteita on muun muassa työvälineohjelmien hallinnassa, medialukutaidossa ja haku- ja tietopalveluiden tehokkaassa käytössä. (OKM 2010, 10.)

Tietoyhteiskunnan kehittyminen edellyttää opettajien, opiskelijoiden ja yhteisöjen kehittymistä menetelmällisellä, infrastruktuurin ja osaamisen, ja ennen kaikkea asenteen tasoilla.

Visio vuonna 2020

Seuraavassa on esitetty tietoyhteiskuntakehittämisestä tämän työn kannalta keskeisiä tavoitteita:

- *Koulutuksen parissa työskentelevällä henkilöstöllä ja opiskelijoilla on käytössään työssä ja opinnoissa tarvittava ajanmukainen tekninen laiteympäristö ja pääsy verkkoon, tarvittavat tiedot ja taidot sekä motivaatio käyttää teknologiaa pedagogisesti mielekkäällä tavalla oppimisen tukena ja muussa vuorovaikutuksessa.*
- *Opetushenkilöstön omassa ammatillisessa täydennyskoulutuksessa hyödynnetään tieto- ja viestintätekniikkaa osaamispalvelujen yksilöllisten tarpeiden huomioimisessa, alueellisen saatavuuden ja joustavan osallistumisen varmistamisessa.*
- *Kansalaisilla on monipuolisia mahdollisuuksia opiskella ja oppia omien tarpeidensa ja mahdollisuuksien mukaisesti eri elämäntilanteissa.*
- *Tieto- ja viestintätekniikkaa käytetään luontevasti opiskelussa sekä opetuksen ja hallinnon tukena kaikissa kouluissa ja oppilaitoksissa, kaikilla koulutuksen tasoilla.*
- *Oppimisen tukena hyödynnetään sähköisiä oppimateriaaleja ja muuta verkossa vapaasti käytettävissä olevaa aineistoa. Korkealaatuisen e-oppimateriaalin (ml. pelit ja simulaatiot) tarjonta kattaa koko opetussuunnitelman ja tutkintojen perusteet. (OKM 2010, 15.)*



KUVA 56. Koulutuksen tietoyhteiskuntakehittämisen viitekehys (OKM 2010, 16)

Koulutuksen tietoyhteiskuntakehittämisen viitekehys on esitetty yllä (kuva 56). Ehdo-
tetuilla toimenpiteillä tuetaan opiskelijan mahdollisuuksia hankkia tulevaisuuden
osaaminen jota hän tarvitsee kansalaisena ja työelämässä. Toimenpiteillä varmistee-
taan ajantasaiset ja laadukkaat sisällöt ja palvelut, kansallisesti korkea osaaminen ja
verkostojen yhteistyö sekä toimiva ja turvallinen infrastruktuuri. (OKM 2010, 16.)

Tavoite ammatillisessa koulutuksessa

Ammatillisessa peruskoulutuksessa tulee mahdollistaa työn ohessa opiskelu. Työpai-
kalla tapahtuvan opiskelun aikana korostuvat työelämän ongelmanratkaisutaidot sekä
oppimisen ohjaus. Kaikissa ammateissa tarvitaan tieto- ja viestintätekniistä osaamis-
ta, painotus vaihtelee eri ammattien välillä. Opiskelijoiden on hallittava työelämän eri
ammateissa laajasti hyödynnettävät tekniset välineet ja työympäristöt. (OKM 2010,
23.)

Toimenpiteet ammatillisessa koulutuksessa

Ammatillisessa peruskoulutuksessa, työpaikalla tapahtuvan opiskelun ohjaamisen ja seurannan tehostamiseksi, kehitetään tieto- ja viestintätekniikkaa hyödyntäviä menetelmiä. Ammattitaidon oppimista tukevaa, ammatin/toimialan erityispiirteet huomioon ottavaa, verkkopohjaisia ja virtuaalisia oppimisympäristöjä kehitetään eri oppimisympäristöhankkeissa. (OKM 2010, 24.)

Haasteet

OKM on asettanut opiskelijoille ja opettajille seuraavat haasteet:

- *Haaste opiskelijoille; Hyödynnän tieto- ja viestintätekniikkaa luovasti kaikessa opiskelua edistävässä toiminnassa.*
- *Haaste opettajille; Hyödynnän tieto- ja viestintätekniikkaa aktiivisesti opetuksessani. Osallistun tarjolla olevaan koulutukseen ja pidän siten yllä omaa ammattitaitoani myös tieto- ja viestintätekniikan opetuskäytössä.* (OKM 2010, 40.)

Opiskelijoiden osaamisen kannalta yhteenvetona toimenpide-ehdotuksista voidaan todeta seuraavaa:

Ammatillisessa peruskoulutuksessa kehitetään tieto- ja viestintätekniikkaa hyödyntäviä menetelmiä työpaikalla tapahtuvan opiskelun ohjaamisen ja seurannan tehostamiseksi. Eri oppimisympäristöhankkeissa kehitetään verkkopohjaisia ja virtuaalisia oppimisympäristöjä, jotka tukevat ammattitaidon oppimista ammatin/toimialan erityispiirteet huomioon ottaen. (OKM 2010, 42.)

Rakennuksen tietomalli on rakennusalan yksi erityispiirre.

Tietomallintamisen tilanne toisen asteen ammatillisessa koulutuksessa

Tietomallia käytetään tai ollaan ottamassa käyttöön rakennusprosessissa, joko vapaaehtoisesti tai jonkun osapuolen sitä vaatiessa. Tietomallia ollaan ottamassa käyttöön ja on otettu käyttöön myös rakentamiseen liittyvässä koulutuksessa. Korkeakouluissa tietomallin tuottamista opitaan siihen tarkoitukseen suunnatuilla opintojaksoilla, tuotettua tietomallia hyödynnetään rakennushankkeen toteutusta seuraten muissa

opinnoissa. Tietomallin käyttöönotto opetuksessa ja oppimisessa ottaa vasta ensiaskeleita tuotantoon suuntautuneissa koulutusohjelmissa. Toisen asteen ammatillisessa koulutuksessa tietomallintaminen on otettu käyttöön muun muassa suunnitteluassistenttikoulutuksessa, jonka ammattitaitovaatimuksissa mallintaminen on jo omana tutkinnon osana (Hyyppä 2009). Rakennusalan perustutkinnossa, talonrakentajan koulutusohjelmassa tietomallintamista ei ole tilaajan yhteisössä otettu vielä käyttöön lukuun ottamatta yhden kohteen ”karkeaa” arkkitehtimallia. Tällä työllä on tarkoitus osaltaan edesauttaa tietomallin käyttöönottoa talonrakentajan koulutusohjelmassa.

”Opiskelijat urakoivat laajan rakennushankkeen tietomallien avulla” otsikoi Rakennuslehti numerossa 1/2012. Oulun Seudun Ammattiopiston Haukiputaan yksikön rakennusala opiskelijat ovat päässeet hyödyntämään tietomallia osana opintojaan oppilaitoksen perustajaurakoimassa rakennushankkeessa. Tietomallinnus on auttanut opiskelijoita hahmottamaan kokonaisuuksia niin luokahuoneessa kuin rakennustyömaallakin. Tietomallin etuina nähdään sen havainnollisuus, tarkkuus, mahdollisuus liikkua mallissa ja mallien yhdistäminen. Mallin avulla on voitu tarkastella rakentamisen järjestystä, liittymiä, runkorakenteiden kuten palkistojen ja päätyräystäiden teossa. (Syrjänen 2012, 26–27.)

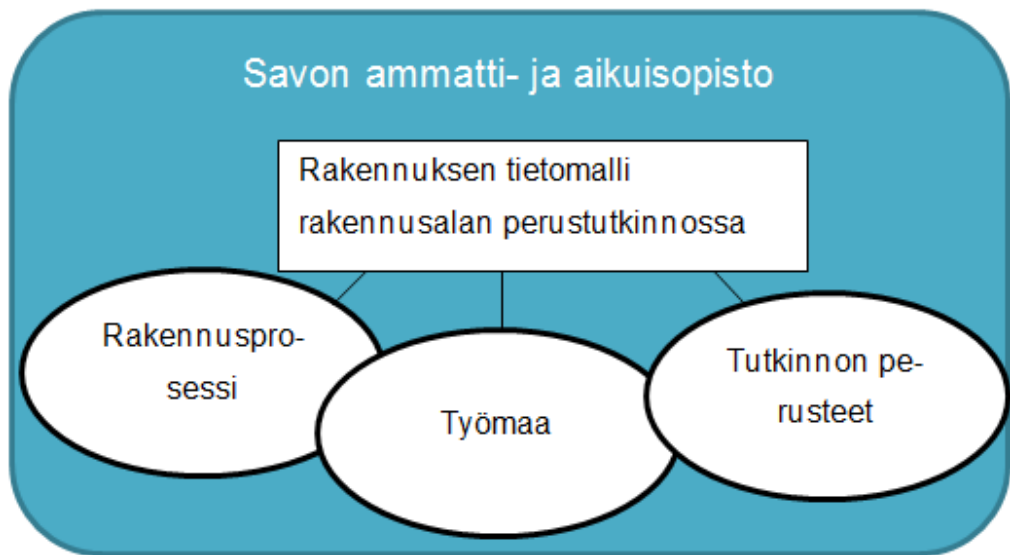
3 TUTKIMUS

Tässä luvussa esitellään tutkimus, asetetaan sille tavoitteet, määritellään tutkimustehtävät ja ongelmat, päätetään tutkimuskysymykset ja valitaan tutkimusmenetelmä. Lisäksi päätetään aineiston käsittelytapa, rajataan tutkimus ja lopuksi kerrotaan tutkimuksen toteutus.

3.1 Tutkimuksen tavoitteet, lähtökohdat ja relevanssi

Rakennuksen tietomalli on varsin uusi työväline rakennusprosessissa. Rakennushankkeeseen ryhtyvän, suunnittelun ja rakennustyömaan näkökulmista tietomallintamista on tutkittu. Tutkimus ei ole ulottunut oppilaitoksen rakennusprosessiin, rakennustyömaalle eikä tuotannon työntekijän (talonrakentajan) tasolle.

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää voidaanko tietomallinnettua rakennusprosessia ja tietomalli hyödyntää rakennusalan toisen asteen ammatillisessa peruskoulutuksessa Savon ammatti- ja aikuisopistossa (kuva 57). Työssä lähestytään tietomallinnettua rakennusprosessia kolmesta näkökulmasta: ensimmäiseksi tarkastellaan mitä mallinnettu rakennusprosessi tarkoittaa koulutuksen järjestäjän, työn tilaajan, kannalta. Toiseksi tutkitaan, miten tietomallia voidaan hyödyntää oppilaitoksen omilla rakennustyömailla. Kolmanneksi siirrytään opiskelijan näkökulmaan (kuva 58), mitä ja miten tuleva talonrakentaja voi liittyä mallinnettuun rakennusprosessiin ja hyödyntää tietomallia. Työssä tuotetaan ”Talonrakentajan tietomalli”, joka on käsitteitä, mahdollisuuksia, edellytyksiä eri näkökulmista, kuitenkin pitäen mielessä koulutuksen järjestäjän tärkein tehtävä: ammattitaitoisten työntekijöiden tuottaminen alan tarpeisiin!



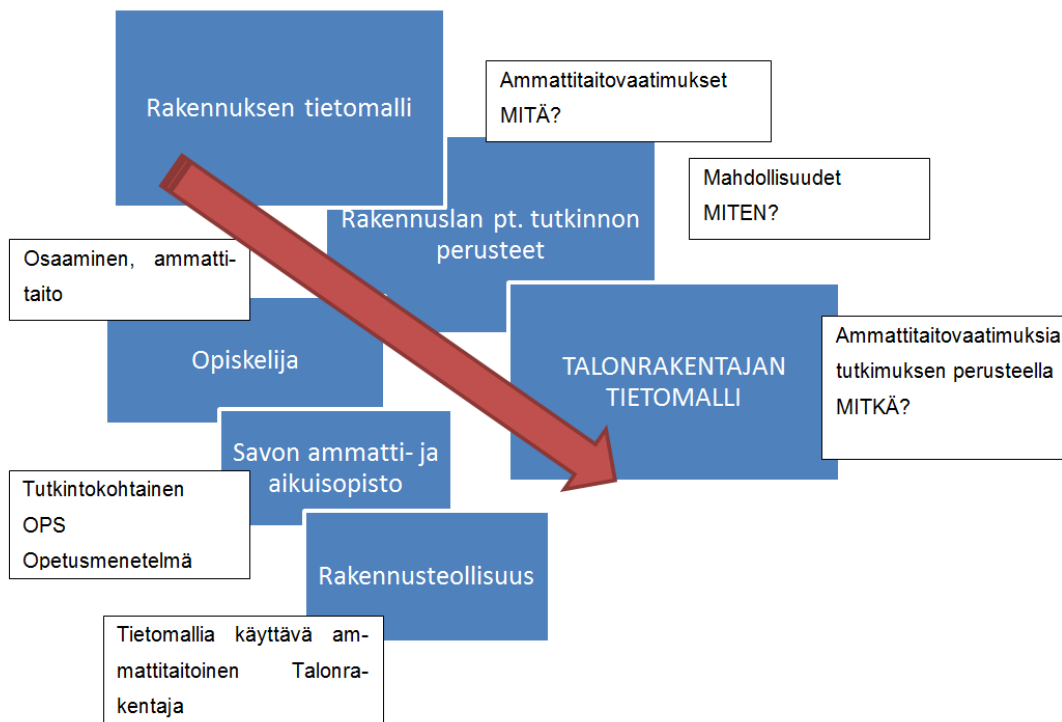
KUVA 57. Opinnäytetyön teoreettinen viitekehys

Rakennusalan perustutkinnon perusteet ovat uudistuneet vastikään, viimeiset muutokset tulivat voimaan vuonna 2009. Tutkinnon perusteissa todetaan muun muassa seuraavaa:

Hän (opiskelija) pystyy näkemään työnsä osana suurempia tehtäväkokonaisuuksia..., hän osaa suunnitella työnsä piirustuksien avulla, hän osaa tehdä materiaali- ja työmenekkilaskelmia sekä hän osaa esitellä ja arvioida omaa työtään. Opiskelija osaa lukea sekä talonrakentamiseen että maarakentamiseen liittyviä piirustuksia. Rakennusalalla toimivat osaavat käyttää tietotekniikkaa. Lähitulevaisuudessa ollaan tilanteessa, jossa kaikki rakennusalan tieto voi olla ja liikkua osapuolten välillä sähköisenä. Tällaisen tiedonsiirron osaaja on alalla etulyöntiasemassa, koska sähköinen tiedonsiirto merkitsee nopeutta ja tietojen tehokasta hyödyntämistä. (Opetushallitus (OPH) 2009, 10.)

Rakennusprosessit ovat siirtymässä ainakin osittain tietomallipohjaisiksi hankkeiksi. Oppilaitosten on oltava mukana tässä kehityksessä niin rakennuttamisessa, suunnittelussa kuin omilla työmailla tuotannon ohjauksessa. Opettajat odottavat mallipohjaista rakennusprosessia.

Opiskelijat ovat erityisen kiinnostuneita tietotekniikan mahdollisuuksista ja hyödyntävät sitä oppimisessaan ja valitettavan paljon muussakin. Tietomallin virtuaalisuus ja visuaalisuus, kolmiulotteinen abstrakti maailma, tuo mukanaan rakennusalan tuleville työntekijöille uuden mahdollisuuden hahmottaa kokonaisuuksia ja purkaa niitä pienempiin osiin siten että kokonaisuus ei katoa. Opiskelijan näkökulmasta tutkimus tuo toivottavasti mukanaan lisää havainnollisuutta, ajanmukaiseen oppimisympäristön ja varsinkin visuaaliselle oppijalle tyylilleen sopivan oppimisvälineen.



KUVA 58. Opinnäytetyön teoreettinen viitekehys opiskelijan, tulevan talonrakentajan kannalta

Asian tutkimisen tekee erityisen mielenkiintoiseksi se, että äskettäin opinnoissa tutustuttiin rakennuksen tietomalliin sekä sen mahdollisuuksiin että rajallisuuteen. Rakennuksen tietomallin käytön hyödyntäminen rakennusalan perustutkinnossa lienee otettava osaksi opetusta ja oppimista, mikä "pakottaa" avaamaan sitä oppilaitoksen rakennusprosessissa.

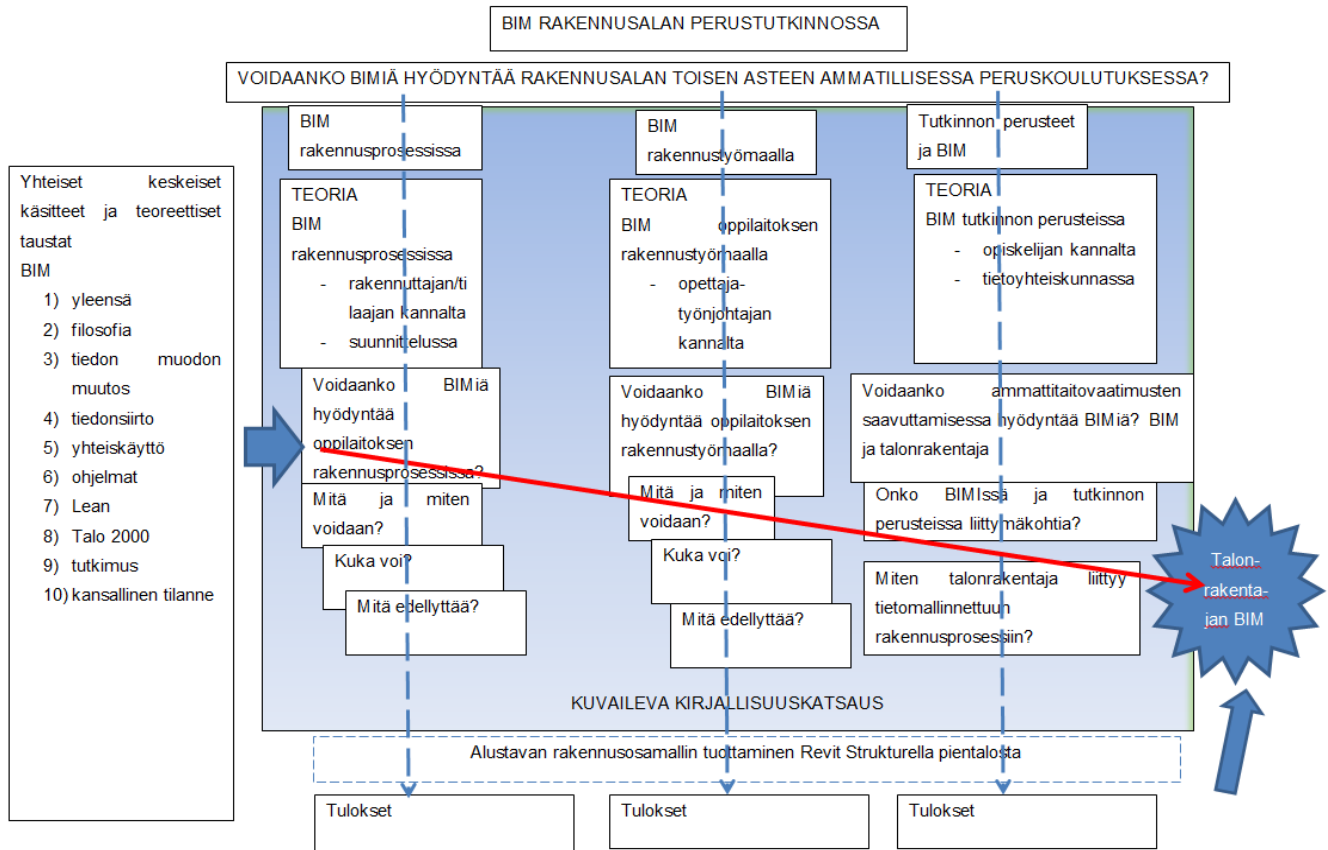
Aikaisempaa tutkimusta ei juuri tästä näkökulmasta ole tehty, mutta sitäkin enemmän sitä sivuavaa. Ongelmallisinta on löytää olennainen tutkimus käyttöön. Kansallista tutkimusta on tehty paljonkin erilaisissa projekteissa, joita muun muassa Tekes on rahoittanut. Näitä ovat esimerkiksi ProIT, Sara, Infra TM ja äskettäin käynnistynyt RYM-Pre. Tietomallintamista ja koulutusta sivuavia opinnäytteitä ovat muun muassa: Hyypän (2009) ylempään ammattikorkeakoulututkintoon, Hämeenlinnan ammattikorkeakouluun, tekemä opinnäytetyö ”Tietomallintaminen suunnitteluassistenttikoulutuksessa”, Naukkarisen (2009) ylempään ammattikorkeakoulututkintoon, Tampereen ammattikorkeakouluun tekemä opinnäytetyö ”Opetussuunnitelman laatiminen ja oppimisympäristön luominen Perustustyöt-tutkinnonosaan”, Anttosen (2008) Lappeenrannan teknilliseen yliopistoon tekemä diplomityö, jossa käsitellään tietomallintamisen tiedonsiirtoon liittyviä haasteita ja Kuuselan (2008) Itä-Suomen yliopistoon tekemä pro gradu, jossa käsitellään CAD-suunnittelun muuttumista tietomallintamiseksi. Tutkimuksen kansallisia edelläkävijöitä ovat olleet muun muassa tietomallintamisen tutkimuksessa Hietanen, Kiviniemi, Laitinen ja Penttilä. Ulkomaalaisista tutkimuksesta mielenkiintoisia ovat esimerkiksi Eastmanin, Hardinin ja Krygielin teokset. Erityisen mielenkiintoinen on Savonia-ammattikorkeakoulun hallinnoima Tietomallien käyttö rakennustekniikassa (TIRTA) -hanke, jossa selviää tietomallintamisen alueellinen tilanne.

3.2 Tutkimustehtävät, -ongelmat ja -kysymykset

Tutkimuksessa (kuva 59) selvitetään rakennuksen tietomallin käytettävyys rakennusalan perustutkinnossa toisen asteen ammatillisessa peruskoulutuksessa 1) koulutuksen järjestäjän omissa rakennushankkeissa, 2) oppilaitoksen omilla rakennustyömaille ja 3) talonrakentajan ammattitaitovaatimusten saavuttamisessa.

Tavoitteena on myös selvittää mitä yhtymäkohtia rakennusalan perustutkinnon perusteista ja rakennuksen tietomallista on löydettävissä, pitäen kuitenkin mielessä, että muurari muuraa tiilen edelleen fyysisesti rakenteeseen. Tutkimuksessa tuotetaan rakennuksen tietomallin osa rakennusalan perustutkinnon osaamisvaatimusten pohjalta opetuskäyttöön toisen asteen ammatilliseen peruskoulutukseen. Työssä on tehtävänä tuottaa ”Talonrakentajan tietomalli”, joka on ainakin käsitteitä, mahdollisuuksia, edellytyksiä, rajoituksia ja alustava rakennusosamalli.

Tutkimuskysymys on: Voidaanko rakennuksen tietomallia hyödyntää rakennusalan toisen asteen ammatillisessa peruskoulutuksessa?



KUVA 59. Tutkimus

Tutkimuskysymys jaetaan alakysymyksiin sen mukaan kenen kannalta tutkimuskysymystä tarkastellaan. Savon ammattiopiston kannalta alatutkimuskysymys on; Voidaanko rakennuksen tietomallia hyödyntää oppilaitoksen rakennusprosessissa? Oppilaitoksen oman työmaan kannalta tarkasteltaessa kysytään voidaanko tietomallia hyödyntää rakennustyömaalla? Opiskelijan, tulevan talonrakentajan kannalta tutkitaan, voidaanko ammattitaitovaatimusten saavuttamisessa hyödyntää rakennuksen tietomallia, miten talonrakentaja liittyy tietomallinnettuun rakennusprosessiin?

Rakennusprosessissa (rakennuttaja/tilaaja) ja rakennustyömaalla (opettaja-työnjohtaja) selvitetään aiemman tutkimuksen perusteella mitä, miten, kuka ja millä edellytyksin tietomallia voidaan hyödyntää oppilaitoksessa. Opiskelijan kannalta tutkitaan löytyykö tietomallista ja rakennusalan perustutkinnon tutkinnon perusteista liittymäkohtia ja miten talonrakentaja liittyy mallinnettuun rakennusprosessiin.

Tutkimuksen validiteetin parantamiseksi tuotetaan perustuksista ja rungosta (alustava) rakennusosamalli oppilaitoksessa rakenteilla olevasta pientalosta niiltä osin kuin se on käytettävä ohjelman mallinnustyökaluilla mahdollista.

3.2.1 Tutkimusasetelma: menetelmät ja aineiston hankinta

Kyse on soveltavasta tutkimuksesta, teoreettisen tutkimuksen tutkimusasetelmasta ja kvalitatiivisesta tutkimusstrategiasta, jossa erilaiseen teoreettiseen aineistoon pohjautuen rakennetaan uusi tapa lähestyä ja tarkastella jotain tunnettua asiaa. Tutkimuksessa tehdään kirjallisuuskatsaus. Toisaalta uuden rakentaminen viittaa konstruktiviseen tutkimusotteeseen. Niiniluoto (1984) on kuitenkin todennut että teoreettiseen analyysiin ole varsinaista metodia ja siitä ei ole juurikaan kirjoitettu. Tuomen mukaan teoreettinen analyysi voidaan jakaa problematisointiin, eksplikointiin ja argumentaatioon. Tutkimismetodologia tulee täsmentymään tutkimuksen edetessä ja sen valintaan vaikuttaa myös tutkimusaineisto. (Tuomi ym. 2009, 18–22, 68–70 ja 123; Hirsjärvi ym. 2009; Vilkkä 2005.)

Niiniluoto (1984) on jäsentänyt tutkimusta seuraavasti:

Tutkimuksessa tavoitellaan jotain uutta. Tämän tavoitteen avulla on mahdollista luokitella tutkimus eri tyyppeihin: perustutkimuksessa tavoitellaan uutta deskriptiivistä tietoa, soveltavassa tutkimuksessa etsitään perustutkimuksen tuloksiin perustuvaa (käytännön) sovellutuksiin tähtäävää uuden tiedon etsintää ja kehittämistyössä etsitään tutkimustuloksiin perustuvia uusia ja parannettuja tuotteita, tuotantovälineitä ja palveluja.

Konstruktivisessa tutkimuksessa tavoitteena on relevantin käytännön ongelman ratkaisu luomalla uusi konstruktio. Tätä kautta pyritään sekä käytännölliseen että teoreettiseen kontribuutioon (jälkimmäinen on selkeä perimmäinen tavoite). Konstruktion rakentamisessa on tärkeää siinä se aikaisempaan teoriaan, mikä on yksi keskeinen ero pohdittaessa konstruktivisen tutkimuksen ja konsultoinnin välistä rajapintaa. (Metodin www-sivut.)

Tutkimuksessa hankitaan tieteellistä, laadullista tutkimusongelmaan soveltuvaa aineistoa käyttämällä hakusanoja, hakusanojen käännöskirjoja, tietolähteitä, viittauksia, tietotekniikkaa, tekemällä ja käyttämällä muistiinpanoja sekä referoimalla tutkimuksia, kirjallisuutta, artikkeleja. Kirjallisuutena käytetään myös ulkomaista kirjallisuutta, kuten BIM Handbookia. Perehtymällä ulkomaiseen lähdeaineistoon työhön sisällytetään kansainvälisyysnäkökulma. Tämä aineiston käsittely edellyttää laajaa perehtyneisyyttä aiheeseen ja syvällistä, kypsää ajattelutaitoa ja kykyä kirjallisuuden kriittiseen arviointiin (muokattu lähteestä Hirsjärvi ym. 2009).

Teoreettisessa tutkimuksessa ei havainnoida tutkimuskohteita välittömästi, vaan kohteesta pyritään hahmottamaan käsitteellisiä malleja, selityksiä ja rakenteita aiemman tutkimuskirjallisuuden pohjalta. Joten kattavan lähdemateriaalin löytäminen on keskiössä. Lähdemateriaalin runsaus tai vähyys voi aiheuttaa ongelmia tutkimuksen teki- jälle. Mikä on relevanttia tutkimusongelman näkökulmasta? Tutkimusongelma voi tarkentua tai muuttua tutkimuksen edetessä. Tutkijaa voi kiinnostaa lähdemateriaaliin tutustumisen perusteella jokin toinen ongelma tai hän voi joutua täsmentävään tai vaihtamaan tai täydentämään tutkimusmetodologiaansa. (Hirsjärvi ym. 2009.)

3.2.2 Kirjallisuuskatsaus

Tutkimuksessa tehdään kuvaileva kirjallisuuskatsaus (kuva 59). Kuvaileva kirjallisuuskatsaus on yleiskatsaus ilman tiukkoja ja tarkkoja sääntöjä. Käytettävä aineisto on laaja ja aineiston valintaa ei rajaa metodiset säännöt. Tutkittava ilmiö pystytään kuitenkin kuvaamaan laaja-alaisesti. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus toteutetaan lähinnä narratiivisena yleiskatsauksena, jonka tarkoituksena on tiivistää aiemmin tehtyjä tutkimuksia. Tällöin kirjallisuuskatsauksen analyysin muoto on kuvaileva synteesi, jonka yhteenveto on tehty ytimekkäästi ja johdonmukaisesti. Tutkimusaineisto ei ole käynyt läpi erityisen systemaattista seulaa, silti tutkimuksessa voidaan päätyä johtopäätöksiin, joiden luonne on kirjallisuuskatsausten mukainen synteesi. Kuvailevana tutkimustekniikkana narratiivinen katsaus auttaa ajantasaistamaan tutkimustietoa, muttei tarjoa varsinaista analyttisintä tulosta. Narratiivinen katsaus voi olla myös kriittinen (Salminen 2011, 12–14.) Kirjallisuuskatsaus on itsessään tutkimus (Tuomi ja Sarajärvi 2009, 123).

Tutkimuksella pyritään ongelman syvällisempään analyysiin kirjallisuuden perusteella luokittelemalla, syntetisoimalla ja rakentamalla ymmärrystä uudella tavalla uudesta näkökulmasta. (Kurttila 2007). Neilimon & Näsin (1980) mukaan ei-empiiriset tutkimukset rakentuvat ensisijaisesti ajattelun metodiin; eli tutkijan sisäisen näkemyksen, pohdinnan, analyysin ja/tai hahmottaman kokonaiskuvan tuloksena syntyneisiin oivalluksiin. Usein aihealueiden abstraktius, vaikea käsitteellisyys, laajuus ja aineiston saatavuus rajoittavat osittain työtä ja tästä syystä tutkimus on ei-empiirinen (Kallio 2006, 520). Laadullisen analyysin tarkoituksena on tiivistää aineisto kadottamatta silti sen sisältämää informaatiota, joka on kuitenkin riskinä mekaanisessa analyysiprosessissa. Jääkö jotain oleellista pois (Silius 2005)?

Salmisen (2011) mukaan kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa teoria, keskeiset käsitteet ja tutkimus voivat ”sekoittua” tai ainakin tutkimuksen lukijalle voi syntyä sellainen käsitys. Käsitteiden ja tutkimuksen tulosten erottaminen toisistaan voi olla haasteellista, kuten tässäkin tutkimuksessa on. Teoria ja tulokset ovat ”samaa” asiaa. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus on opetuksessa, lähinnä ajantasaisen materiaalin tuottamisessa paljon käytetty metodi. Toivotaan, että tällekin tutkimukselle löytyy funktio opetuksen parista.

3.2.3 Tutkimuksen rajaus

Tutkimuksessa lähestytään tietomallintamista rakennusprosessin kannalta tuoden esiin keskeisiä prosessissa havaittuja hyötyjä ja haasteita (työn tilaajan eli koulutuksen järjestäjän kannalta). Tarkastelua syvennetään rakentamisvaiheessa rakennustyömaan tuotantomallin osalta, jota tarkastellaan työnjohdon (opettajien) kannalta. Tutkinnon perusteissa esitettyjä talonrakentajan ammattitaitovaatimuksia verrataan tietomalliin, lähinnä tuotantomalliin. Niiden avulla etsitään sekä talonrakentajan koulutuksessa että työelämässä talonrakennustyömaalla toimijan tietomallia, talonrakentajan tietomallia. Lisäksi tutkimuksessa todetaan tietoyhteiskunnan koulutukselle asetamat tavoitteet.

Tutkimus rajataan siten, että rakennusprosessin tutkimisessa tyydytään toteavaan tasoon, rakentamisvaiheessa rakennustyömaalla pyritään löytämään tuotantomallin mahdollisuuksia kattavasti ja opiskelijan (talonrakentajan) kannalta käsitellään kahta keskeistä rakennusalan tutkinnon perusteiden tutkinnon osaa, talonrakentajalle pa-

kollisia tutkinnon osia. Talonrakentajan tietomallin tuottamisessa käytetään Revit Structure ja Architecture -ohjelmia, koska ne ovat tutkimuksen tilaajan käytössä. Tehdastyöskentely ja pedagoginen tarkastelu rajataan pois. Rakennusprosessia ja rakennustyömaata ei käsitteinä määritellä.

Työssä mallinnetaan tausta-ajattelun tukemiseksi alustava rakennusosamalli pientalon perustuksista ja rungosta. Mallintamista ei käsitellä työssä fyysisenä tapahtumana, tuloksissa esitetään mallista otettuja kuvia. Mallintamisessa käytettävää ohjelmaa ei käsitellä työssä.

3.2.4 Tutkimuksen toteutus

Kyse oli soveltavasta perustutkimuksesta, teoreettisen tutkimuksen tutkimusasetelmasta ja kvalitatiivisesta tutkimusstrategiasta, jossa teoreettiseen aineistoon pohjautuen rakennettiin uusi tapa lähestyä ja tarkastella tietomallintamista oppilaitoksen rakennusprosessissa, sen rakennustyömaalla ja talonrakentajan ammattitaitovaatimusten saavuttamisessa. Tutkimuksessa sovellettiin kirjallisuuskatsausta. Ensimmäisessä vaiheessa ongelma hajotettiin kolmeen näkökulmaan ja teoreettinen kokonaiskuva, BIM rakennusalan perustutkinnossa, talonrakentajan tietomalli, muodostettiin yhdistelemällä erillisiä teorioita.

Tutkimuksessa hankittiin tieteellistä, laadullista tutkimusongelmaan soveltuvaa aineistoa käyttämällä tietomallintamiseen ja rakennusalan perustutkintoon liittyviä hakusanoja, hakusanojen käännöskirjoja, tietolähteitä, viittauksia, tietotekniikkaa, tekemällä ja käyttämällä muistiinpanoja sekä referoimalla (tutkimuksia, kirjallisuutta, artikkeleja ja keskusteluja). Kirjallisuutena käytettiin sekä kotimaista että ulkomaista lähdeaineistoa. Perehtymällä ulkomaiseen lähdeaineistoon työhön sisällytettiin kansainvälisyysnäkökulma.

Teoreettisessa tutkimuksessa ei havainnoitu tutkimuskohdetta välittömästi, vaan tietomallintamisesta rakennusalan perustutkinnossa hahmoteltiin käsitteellisiä malleja, selityksiä ja rakenteita aiemman tutkimuskirjallisuuden pohjalta. Kattava lähdemateriaali löydettiin.

Lähdemateriaalin runsaus aiheutti ongelmia tutkimuksen tekijälle. Mikä on relevanttia tutkimusongelman näkökulmasta? Tutkimusongelma tarkentui ja muuttui tutkimuksen edetessä. Tutkijaa kiinnosti lähdemateriaaliin tutustumisen perusteella toinen ongel-

ma ja hän joutui sekä täsmentävään että täydentämään tutkimusmetodologiaansa. Lähdemateriaalin perusteella tutkimus laajennettiin koskemaan koulutuksen järjestäjää (tutkimuksen tilaajaa), tilaajan toteuttamaa rakennushankkeiden suunnittelua ja rakentamista (rakennustyömaan toimintaa) ja ensimmäisen tutkimuskohteen talonrakentajan lisäksi.

Aineistoanalyysi

Tutkimuksessa tehtiin kuvaileva kirjallisuuskatsaus narratiivisena yleiskatsauksena ilman tiukkoja ja tarkkoja sääntöjä. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus toteutettiin tiivistämällä aiemmin tehtyjä tutkimuksia. Aineisto oli laaja. Tutkittava ilmiö pystyttiin kuvaamaan laaja-alaisesti. Kirjallisuuskatsauksen analyysin muoto oli kuvaileva synteesi, jonka yhteenveto tehtiin ytimekkäästi ja johdonmukaisesti. Tutkimusaineisto ei käynyt läpi erityisen systemaattista seulaa, silti tutkimuksessa päädyttiin johtopäätöksiin.

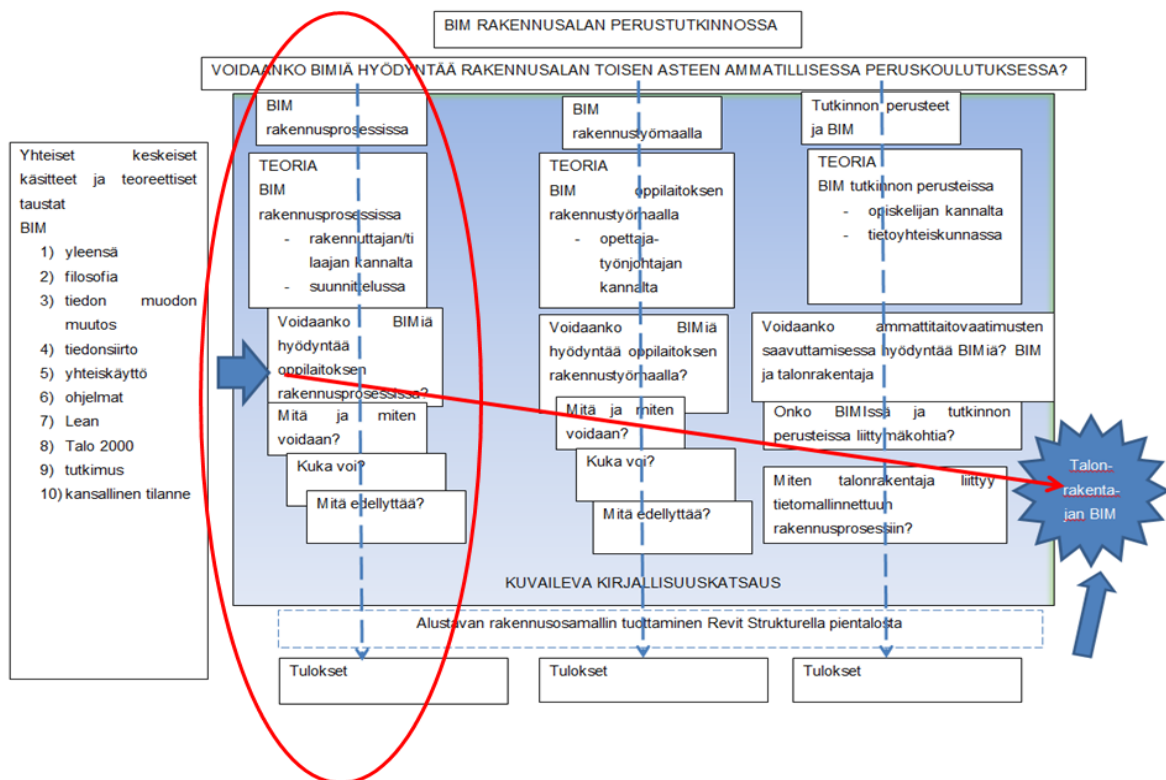
Tutkimuksella pyrittiin syvällisempään analyysiin, tutkijan ajatteluun perustuvaan sisäiseen näkemyksen, pohdinnan ja analyysin hahmottamalla kokonaiskuvalla, tietomallintamisesta rakennusalan perustutkinnossa kirjallisuuden perusteella luokittelemalla, syntetisoimalla ja rakentamalla ymmärrystä uudella tavalla kolmesta uudesta näkökulmasta.

4 TULOKSET, TALONRAKENTAJAN TIETOMALLI

Tuloksissa tarkastellaan tietomallintamista suhteessa sekä oppilaitoksen rakennusprosessiin että rakennustyömaahan ja rakennusalan perustutkinnon tutkinnon perusteisiin yleensä, syvemmin kahden tutkinnon osan ammattitaitovaatimuksiin. Tutkinnon perusteita ja tutkinnon osia tarkastellaan opiskelijan, tulevan talonrakentajan, näkökulmasta. Rakennustyömaata lähestytään opettajan näkökulmasta ja rakennusprosessia koulutuspäällikön ja rehtorin kannalta. Rakennustyömaa- ja prosessitasoilla otetaan huomioon myös talonrakentaja, tuotetaan talonrakentajan tietomallia. Tulokset sekä syvenevät että laajenevat siirryttäessä rakennusprosessissa työmaan kautta tutkinnon perusteisiin.

4.1 Tietomalli oppilaitoksen rakennusprosessissa

Tässä luvussa tarkastellaan rakennuksen tietomallia suhteessa oppilaitoksen rakennusprosessiin. Vastataan kysymykseen, voidaanko rakennuksen tietomallia (BIMiä) hyödyntää oppilaitoksen rakennusprosessissa (kuva 60).



KUVA 60. BIM oppilaitoksen rakennusprosessissa

Tietomalli on digitaalinen tietokonemalli rakennuksen muodostavista tiedoista. Tietomallintamisen tavoitteena on tuottaa rakennushankkeen yhteinen, integroitu tiedonhallinta rakennuksen elinkaaren ajaksi. Suunnittelijat, jotka ovat usein oppilaitoksen opettajia, tuottavat tietokoneavusteisilla suunnitteluohjelmilla 3D-mallit. Rakennusprosessin kannalta tietomallilla tarkoitetaan koko rakennuksen elinkaaren aikaista tietovarastoa, jossa kaikki suunnittelualat, rakentaminen sekä rakennuksen käyttö ja ylläpito integroidaan, oppilaitoksessa siihen liittyy opettaminen ja oppiminen. Rakennusprosessi on kuvattu rakennuttajan kannalta RT 10–10992 *Tietomallinnettava rakennushanke* (2010)-kortissa, josta löytyy yksityiskohtaiset ohjeet rakennusprosessin toteuttamiseksi.

Rakennusala ja sen koulutus on muutosten edessä. Globaalit muutossykliä pakottavat useimmat julkiset organisaatiot sopeutumaan nopeaan muutosvauhtiin. Koulutusorganisaatioiden tulee pystyä muuttamaan (liike)toimintamallejaan, toimintatapojaan, organisoitumistaan ja sijoittumistaan tiloihin. ICT toimii rakennusklusterin, mukaan lukien koulutus, toimialojen uutena kasvun ja kehityksen mahdollistajana. Toimijoiden tulee uudistaa arvoverkkoja ja organisoida resurssinsa uudelleen. Muutoksen onnistuminen edellyttää uudenlaista johtamista ja tiedonhallintaa. Tällöin syntyy tarve hallita, yhdistää ja siirtää tietoja entistä tehokkaammin. Myös rakennusklusterissa, mukaan lukien koulutus ollaan ottamassa ”tiikerinloikkaa” tähän suuntaan.

4.1.1 Virtuaalirakentaminen

Tietomallintaminen ei ole vielä poistanut oppilaitoksen hankkeista 2D-suunnitelmien tarvetta. Tietomalleja täsmennetään usein 2D-suunnitelmissa, koska mallinnusohjelmissa ei ole vielä läheskään kaikkea yksityiskohtien tuottamiseen soveltuvia työkaluja. Oppilaitoksen urakkasopimuksissa käytetään edelleen 2D-suunnitelmia. Penttilän (2009) mukaan tietomallintamisessa on siirrytty prosessinomaiseen toimintatapaan tekniikan hyödyntämisen asemesta, virtuaalirakentamiseen, VBE:hen (*Virtual Building Environment*) tai VDE:hen (*Virtual Design and Construction*). Yhteisten toimintatapojen, mallinnusvälineiden ja ohjeiden puuttuminen rajoittaa oppilaitoksen mallintamisen kehittymistä.

Mallintamisen osaaminen ja asenne sitä kohtaan kehittyvät vähitellen oppilaitosmaailmassa. Koulutusta on lisätty, asennetta on muokattu ja muokataan osoittamalla mal-

limentamisen mahdollisuuksia. Mallintaminen vaatii kuitenkin edelleen paljon tietoteknistä osaamista, jonka hankkiminen vaatii paljon aikaa. Kerran opittu on helppo unohtaa. Rakennustoiminta on muuttamassa muotoaan eri yhteismuotojen kautta, joista ovat osituksena esimerkiksi elinkaarimalleilla toteutuvat elinkaarihankkeet. Milloin Savon ammatti- ja aikuisopisto ottaa elinkaarihankkeet osaksi koulutusta?

4.1.2 Rakennushankkeesta tietomallinnettavaan prosessiin

Tietomallinnetut rakennusprosessit perustuvat digitaalisiin suunnitelmiin, malleihin. Piirustukset ja muut prosessissa tarvittavat dokumentit tulostetaan malleista. Mallintaminen opitaan vähitellen ja se yleistyy, mallinnuksesta alkaa muodostua oppilaitosmaailmassa toimintatapa. Oppilaitosympäristössä malli voi muodostaa keskustelualustan kansainväliseen opiskelija- ja opettajavaihtoon. On helpompi keskustella esimerkiksi rakenneteknisistä ratkaisuksista visuaalisen mallin avulla.

Tietomallinnettavissa rakennusprosesseissa tavoitellaan koko rakennuksen elinkaarien aikaisia pitkän tähtäimen hyötyjä oppilaitosmaailmassa. Mallinnettavissa prosesseissa tavoitellaan tehokkuutta hankkeen tiedonhallinnassa, mikä sopii hyvin oppilaitosten ajallisesti pitkiin rakennushankkeisiin. Perinteisissä rakennushankkeissa suunnitelmia tuotetaan hankkeen vaiheiden mukaan siten, että piirustuksia tuotetaan hankkeen edetessä niitä tarkentaen ja täydentäen. Tietomallihankkeissa noudatetaan myös vaiheistusta, joskin vaiheita voidaan yhdistää varsinkin prosessin alkuvaiheessa. Tietomalli pyritään saamaan valmiiksi mahdollisimman aikaisin, jotta sitä voitaisiin käyttää prosessin alussa tehtävissä kustannus-, rakennettavuus- ja elinkaarianalyseissa. Oppilaitoksessa mallintavasta suunnittelusta hyödytään sitä enemmän, mitä aiemmin malleja voidaan käyttää keskeisten hanke- ja investointi- ja aloituspäätösten tekemisessä. (muokattu lähteestä Penttilä 2009.)

Tietomallipohjaisissa rakennusprosesseissa tavoitellaan oman edun asemesta hankkeen yhteistä etua, päämääränä on terveellinen, turvallinen ja toimiva rakennus, mikä pitää olla myös tavoitteena yhteiskunnan varoin toimivalla oppilaitoksella. Tietomalliprosesseissa yhteistoiminta on keskiössä, prosesseissa painotetaan osapuolten yhteistyökykyä ja -halukkuutta, mallinnettava prosessi edellyttää jopa arvomaailman muuttumista. Tietomallinnettavissa prosesseissa riskejä pyritään jakamaan mahdollisimman laajasti niille osapuolille, jotka pystyvät ne parhaiten hallitsemaan, kun perinteisessä hankkeessa riskit on kohdistettu jollekin osapuolelle. Periaate jota tulisi nou-

dattaa myös oppilaitoksen rakennusprosesseissa. (muokattu lähteestä Penttilä 2009.)
Tietomallinnetun rakennusprosessin etuja oppilaitosnäkökulmasta on koottu tauluk-
koon seitsemän.

TAULUKKO 7. Tietomallinnetun rakennusprossin etuja hankesuunnittelusta raken-
nuksen käyttöön ja ylläpitoon (muokattu lähteestä Karppinen 2010, 5–12)



Rakentaminen

Tarjousvaiheessa:

- mallintamalla tehty suunnittelu on luotettavampaa kuin nippu 2D-yleissuunnitelmia
- mallissa suunnittelun puutteet ja epämääräisyydet tulevat esiin
- mallin avulla ollaan heti "sisällä" hankkeessa
- (mallin käyttö on kilpailuetu joidenkin tilaajien hankkeissa)
- määrätiedot saadaan mallista
 - kustannuslaskentaa ja hinnoittelua varten
 - ennakotarjouspyyntöihin
- alustavaan projektisuunnitelmaan
 - 3D-työmaasuunnitelma
 - 4D-simulaatiot => aikataulun realistisuus
- piirustusten tulostaminen suoraan tietomallista
- 3D-tietomallit ovat havainnollisia
- määrät tavoitebudjettia ja hankintapakettien budjetteja varten mallista
- osapuoli-integroitu 4D-aikataulu ja 4D-simulaatiot: rungon aikataulu ja
 - asennusjärjestys, aliurakoiden aikataulutavoitteet => yhdistelmämalli

Tietomalleista saatavat hyödyt hankintatoimessa:

- mallista saadaan määrät
- hankintapakettien budjetteja varten
- tarjouspyyntöihin
- tarjousvertailuihin
- kun määrät liitetään aliurakkarajouspyyntöihin, saadaan enemmän, parempia ja vertailukelpoisempia tarjouksia
- Malli voidaan lähettää tarjoajille ja (edistyskellisimmät) tarjoajat voivat esittää tarjoamansa ratkaisun mallissa (esim. tuoteosakaupassa)
- toteumaseuranta voidaan tehdä mallin avulla ja toteutettujen määrien (väli)mittaukset voidaan jättää pois
- oppilaitoksen hankintojen eri projektien yhteisvolyymit saadaan helpommin selville

Tietomalleista saatavat hyödyt rakentamisen aikana:

- osapuoli-integroitu 4D-aikatauluhallinta: Rakennemalliin voidaan
 - yhdistää eri osapuolten aikatauluseuranta (suunnittelu, valmistus,
 - asennus)
- työnsuunnittelua sekä kustannus- ja aikatauluhallintaa varten
 - saadaan määrät mallista.
- toteumaseuranta voidaan merkitä malliin – mittauspöytäkirjat mallin määrillä
- asennuksia havainnollistetaan yhdistelmämallista tulostetuilla
 - kuvilla
- 3D-työmaasuunnitelma on hyvä apu työntekijöiden perehdyttämiseen
- työturvallisuuden suunnittelussa ja vaarapaikkojen ennakoinnissa voidaan hyödyntää malleja
- hukan vähentyminen (aika, laatu, kustannukset, turvallisuus)
- törmäystarkastelut, häiriöt tuotannossa vähenevät

Tietomalleista saatavat hyödyt rakentamisen jälkeen:

- tietomalliin tallioidaan rakennetun kohteen toteumatiedot,
- joita voidaan hyödyntää uusien projektien projektisuunnittelussa
- oppilaitoksella on mahdollisuus saada kiinteistöstä toteutumamalli ja siitä tehty ylläpitomalli

Käyttö- ja ylläpitovaihe

Lähitulevaisuudessa
Kiinteistöjen
ylläpitomalleja
hyödynnetään laajasti:

- kiinteistön hoito-, huolto- ja ylläpitotehtävissä
- tilahallinnassa
- markkinoinnissa
- sisustussuunnittelussa
- palo-, pelastus- ym. simuloinneissa
- muutos- ja korjaustyösuunnittelussa
- kiinteistön arvon määrittelyssä.

Osapuolien yhteistyön
etuja:

- suunnittelu- ja rakentamisprosessi on tehokkaampi ja tuottaa parempaa tietoa tilaajan päätöksentekoa varten sekä varmemmin halutun lopputuloksen
- suunnitelma- ja toteutusvaihtoehtojen vertailut helpottuvat
- suunnitelmien yhteensopivuus varmistetaan, ennen kuin suunnitteluvirheet ja ongelmakohdat aiheuttavat häiriötä työmaalla
- rutiinityöt vähenevät ja aikaa säästyy enemmän lisäarvoa tuottaviin tehtäviin => projektin hallinta tulee proaktiivisemmaksi => häiriöt vähenevät
- tieto tuotetaan kertaalleen, se on ajan tasalla ja helposti saatavilla ja havainnollisesti esitettyssä muodossa => tulkintavirheet vähenevät
- aikatauluriski pienenee, kun osapuolten välinen (4D-) aikatauluhallinta paranee
- prosessin tuottama ylläpitomalli on hyödynnettävissä kiinteistönhallinnassa ja ylläpidossa

Tietomallihankkeiden sopimuskäytännöt ja yhteistoimintatavat hakevat vielä muotoaan. Hyötyjen, riskien, vastuunoton ja työtehtävien jakaminen tietomallihankkeissa edellyttää uudenlaisia toimintatapoja rakennusalan sopimuskäytännöissä, mikä ei tule olemaan helpoin tehtävä ratkaistaessa malliprosessin liittyviä haasteita. Vastuun rajoittamisesta on tullut tapa. Kuka mallin tekijänoikeudet omistaa ja miten niitä hallitaan? (muokattu lähteestä Järvensivu 2010.)

4.1.3 Lean ja tietomallipohjainen rakennusprosessi

Tietomallipohjaisessa rakennusprosessissa Lean ajattelu tapahtuu oikeastaan itsestään. Tietomallin avulla pyritään tehostamaan koko prosessin toimitusta asiakkaalle. Hukan vähentäminen tapahtuu esimerkiksi tehokkaammalla ja luotettavammalla projektin hallintana sen alusta loppuun. Projektin alussa tiedetään jo rakennuksen muun muassa energiankulutus, kustannukset ja toimivuus. Suunnitteluvaiheessa tietoa käsitellään vain yhdessä muodossa, virheet, tarpeeton työ vähenee esimerkiksi muutosten hallintana. Rakentamisvaiheessa projektia voidaan hallita mallin avulla niin työmaalla kuin sen ulkopuolella suunnittelun ohjauksessa, tuoteosavalmistuksessa ja logistiikassa. Tietomalliin syntyy tietoa tulevaa ylläpitäjää ja käyttäjää varten. Tietoa ei tarvitse kerätä erikseen, se on olemassa ja sitä syntyy käytön ja ylläpidon aikana. Kaikki tieto löytyy yhdestä paikasta. BIM sekä sopii että tukee hukkaa vähentävää ajattelutapaa koko rakennuksen elinkaaren ajan.

4.1.4 Haasteita oppilaitoksen rakennusprossin toteuttamiselle

ICT:n (*Information and Communication Technology*), Informaatio- ja viestintäteknologian, käyttö koulutuksessa tulee lisääntymään. Koulutuksen järjestäjien tulee ottaa yhteiskunnan ja työelämän muutostarpeet huomioon toiminnassaan. Koulutuksen pitäisi jopa elää työelämän edellä, ennustaa työelämän aiheuttamia muutostarpeita toiminnalleen ja toisaalta kehittää innovaatioillaan työelämää. Rakennuksen tietomallin käytön ottaminen osaksi toisen asteen ammatillista koulutusta palvelee aidosti työelämän kehittämistarpeita. Valitettavan usein koulutus tulee askeleen työelämän osaamistarpeiden jäljessä.

Koulutuksen järjestäjän tulee järjestää infrastruktuuri myös ICT:n osaamistarpeiden oppimiselle. Käytössä tulee olla ajantasainen infrastruktuuri, jonka avulla voidaan oppia esimerkiksi tietomallin avulla talonrakentajan ammattitaitovaatimuksia. Virtuaalirakentaminen ja -oppiminen ovat tätä päivää. Oppimista tukeva, ajasta ja paikasta riippumaton oppimisympäristö pitäisi olla opiskelijoiden käytettävissä. Verkkopohjainen, sähköiseen materiaaliin pohjautuva, jopa sosiaalisessa mediassa tapahtuva oppiminen pitäisi olla nyky-yhteiskunnassa mahdollista. Oppimista ei tapahdu ainoastaan suljetussa luokkatilassa opettajavetoisella oppitunnilla.

Koulutuksen järjestäjän resurssit ovat rajalliset. Niukoista resursseista kilpailevat eri koulutusalat. Ajanmukaisien oppimisympäristön luominen ja ylläpitäminen vaatii asioiden asettamista uudelleen tärkeysjärjestykseen. Mistä voitaisiin luopua? Onko lähiopetuksen määrän pienentäminen ainoa keino säästää kustannuksia? Mitä mieltä opiskelijat ja heidän vanhempansa ovat? Mitä ja miten he haluavat nuortensa oppivan ja osaavan?

Tietomallipohjainen rakennusprosessi on tullut myös oppilaitoksen arkeen. Savon ammatti- ja aikuisopiston uusimmat opiskelijoiden oppimisympäristönä toimivat omakotitalokohteet on mallinnettu, niistä on tehty niin sanottu ARK-malli. Mallinnukselle ei ole asetettu vielä vaatimuksia, kuten esimerkiksi Senaatti on asettanut. Tällöin menetetään osa mallintamisen mahdollisuuksista. Mallia ei voida käyttää oikeastaan kuin visualisoinnin välineenä eli mallista löytyy geometria.

Tietomallin tuottaminen oppimiskäyttöön asettaa mallinnusprosessille vielä korkeammat vaatimukset kuin yleensä rakennusprosessissa ammattilaisten toteuttamalle mallille. Mallista tulisi löytyä kaikki rakentamiseen tarvittava tietoa, aina laatuvaatimuksia myöten. Toki pelkkä mallinnettu rakennus tuottaa opiskelijalle jo varsin runsaan informaatiovaraston, onhan mallista löydettävissä esimerkiksi rakennusosan määrä-, materiaali-, mitta- ja sijaintitieto. Mitä muuta tietoa mallissa tarvitaan kun sitä käytetään oppimisen tukena? Mallin tulisi sisältää tiedot rakennusosan fyysisestä toteuttamisesta. Millä menetelmillä, millä välineillä, mitkä ovat tehtävän laadulliset tavoitteet, miten työturvallisuus otetaan huomioon, miten turvallisuus varmistetaan, kuinka kauan tehtävä saa todellisella työmaalla kestää. Rakennusosan materiaalin kustannustieto ei ole talonrakentajan kannalta oleellinen tieto, joskaan ei sekään lie haitaksi, jos hahmottaa, kuinka paljon esimerkiksi 1 m² ulkoseinää maksaa.

Parhaaseen lopputuloksen niin opiskelijavoimin rakennettaessa kuin oppimisessakin tuottaa jos kaikki työmaalla on käytössä niin sanottu yhdistelmämalli, jossa on rakennustekniikkaan liitetty talotekniikka. Tällöin opiskelija voi hahmottaa, miten muiden ammattiryhmien työ vaikuttaa hänen tehtäväänsä. Mitä kaikkea talotekniikkaa tulee esimerkiksi alasasketun katon yläpuolelle? Miten alakaton kannatuksen saa toteutettua? Tarvitseeko tekniikka tukirakenteita, esimerkiksi valaisimet pohjia? Mikä on alasasketun katon korkeusasema?

Oppilaitokselle tietomallipohjainen rakennusprosessi oppimisympäristönä asettaa haasteita esimerkiksi infrastruktuurin rakentamiselle ja ohjelmistojen valinnalle ja käytettävyydelle. Yhden lisäohjelman tuominen oppilaitoksen infrastruktuuriin ei aiheutane ongelmia, sen sijaan haasteita voi tulla ohjelmistojen hinnasta ja käyttöasteesta. Oppilaitoksessa ei ole vielä riittävästi tietokoneita opiskelijakäyttöön. Perinteinen opetus on toteutunut suljetussa luokkahuoneessa opettajajohtoisesti tiedonsiirtoperiaatteella. Tietomallin ympärille rakennettu opetus–oppiminen mahdollistaa aivan uudenlaisen oppimisympäristön, jossa voidaan hyödyntää esimerkiksi sosiaalista mediaa luomalla mallipohjaiset ongelmaratkaisukeskeiset oppimistehtävät verkkoon.

Tietomallipohjainen rakennusprosessin toteuttamisen oppimisessa voidaan aloittaa käyttämällä ilmaisohjelmia, niin sanottuja katseluohjelmia (*wievereitä*), joita näyttää olevan tarjolla useimmilla ohjelmistotoimittajilla. Mikäli kokeilun perusteella näyttää siltä, että pelkillä katseluohjelmilla ei pärjätä, voidaan ottaa käyttöön ohjelmistolisenssi aluksi yhdelle ryhmälle, ja suunnitella opetusjärjestelyt siten, että ohjelmaa käyttää vain ryhmä kerrallaan.

Tietomallin käyttöönotto oppilaitoksessa

Tietomallinnuksen käyttöönotto on oppimispolku, jossa organisaation on edettävä vaihe vaiheelta. Käyttöönotto tulee sen vuoksi olemaan vaiheittain etenevä, useita vuosia kestävä prosessi, jonka jokainen vaihe edellyttää uutta osaamista. Oppimisen ensi vaiheet tapahtuvat opiskelun ja ulkopuolelta hankitun tiedon ja asiantuntemuksen avulla, mutta prosessin edetessä uutta osaamista syntyy yhä suuremmassa määrin organisaation oman kehitystyön ja syvenevän asiantuntemuksen kautta. (muokattu lähteestä Häkämies ym. 2007, 9.)

Talonrakentajan tietomallin käyttöönoton vaiheet oppilaitoksessa on esitetty taulukossa kahdeksan. Suurimpana haasteena lienee rahoituksen löytyminen yhä niukkevistä resursseista. Toiseksi haasteellisinta on opettajien sitoutuminen mallipohjaisiin hankkeisiin, uuden opettelu vaatii aikaa ja uusien toimitapojen sisäistämistä. Huolellisella hankkeen valmistelulla ja oikealla johtamisella hanke saadaan onnistumaan. Konkreettisen hyötyjen osoittaminen on keskeinen tekijä opettajien sitouttamisessa, malli itsessään tuottaa visuaalisuudellaan vastauksen tähänkin haasteeseen. Voisiko mallinnettu hanke vapauttaa resurssia muuhun työhön?

TAULUKKO 8. Talonrakentajan tietomallin käyttöönotto oppilaitoksessa

Osa-alue	2012	2013	2014	2015	2016
Opettajien kouluttautuminen	Koulutetaan muutama opettaja mallipohjaisiin hankkeisiin, tietomallikoordinaattorin nimeäminen				
Infrastruktuurin rakentaminen	Tukipalvelut rakentavat tarvittavan infran, koneet ja ohjelmat, mallipalvelin?	Ylläpito ja ohjelmistojen päivitys	Ylläpito ja ohjelmistojen päivitys	Ylläpito ja ohjelmistojen päivitys	
Mallipohjaisen hankkeen kokeilu oppimisessa		Aloitetaan mallipohjainen työskentely aloittavilla ryhmillä	Jatketaan 13-aloittaneilla ryhmillä mallipohjaista oppimista, teoriaopetuksessa ja omilla työmailla	Jatketaan 13-aloittaneilla ryhmillä mallipohjaista oppimista, teoriaopetuksessa ja omilla työmailla	Yhteenveto mallipohjaisesta oppimispolusta, onnistumiset, kehittämistarpeet
Mallipohjainen oppimisympäristö			Kokemukset aloittaneilta ryhmiltä, toimenpiteet sen pohjalta	Kokemukset aloittaneilta ryhmiltä, toimenpiteet sen pohjalta	Päätös, jatketaanko mallipohjaista oppimista ja missä muodossa
Rahoitus	Hankehakemus? Opetuksen kehittäminen, ICT:n hyödyntäminen oppimisessa, tuloksellisuusraha...				
OPS	Tietomalli OPSiin		Vertaaminen OPSiin		OPSin päivitys kokemusten perusteella

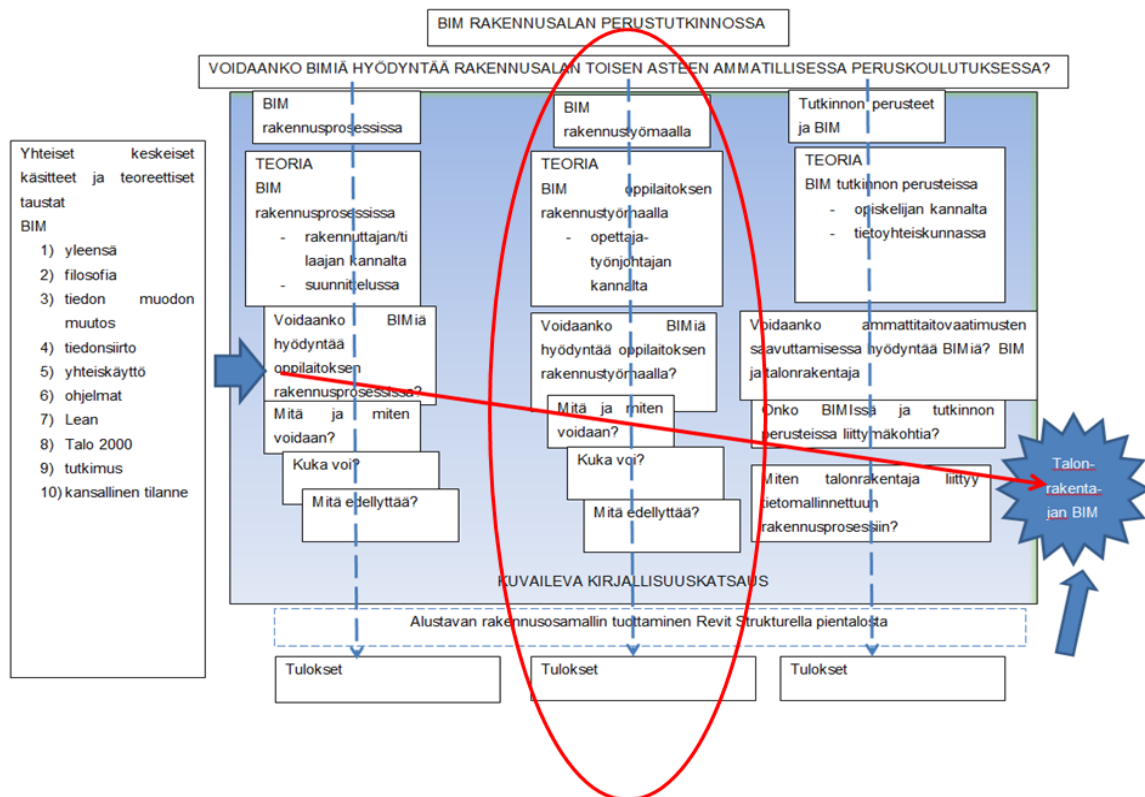
Tietomalli on vietävä oppilaitoskohtaiseen opetussuunnitelmaan. Mallipohjainen oppiminen avaa mahdollisuuden käyttää oppimisessa uudenlaisia menetelmiä, kuten virtuaalioppimista. On kuitenkin muistettava, että talot rakennetaan edelleen merkittä-

viltä osin rakennuspaikalla käsin, mitä mallipohjainen oppiminen ei poista, ei ole tarkoituskaan poistaa. Tietomalli voidaan käyttää oppimisen tukena, tietolähteenä rakennustyömaalla toisin kuin teollisuudessa, jossa mallipohjaisesti voidaan siirtää tietoa koneelle.

Rakennushankkeeseen syntyy ainakin yksi uusi tehtävä, tietomallikoordinaattorin tehtävä, koska mallintamisen liittyvää osaamista ei vielä ole kentällä. Mistä saadaan resurssi koordinaattorin tehtävään? Aluksi mallinnettu hanke lisää kustannuksia oppilaitoksessa, mutta kerran sitä käyttäneet eivät mallista luovu. Sisältyykö tarvittava mallinnusosaaminen (tulevaisuuden) työmaainsinöörin ja opettajan tehtävään?

Tietomalli oppilaitoksen rakennustyömaalla

Seuraavassa tarkastellaan rakentamisvaiheessa rakennuksen tietomallia oppilaitoksen rakennustyömaan kannalta, opettaja-työnjohtajan näkökulmasta, vastataan kysymykseen, voidaanko tietomallia hyödyntää oppilaitoksen rakennustyömaalla (kuva 61)?



KUVA 61. BIM oppilaitoksen rakennustyömaalla

Oppilaitosympäristössä toteutuksen suunnittelusta ja työnjohdosta vastaavat opettajat oman työnsä ohessa, rakentamisen hoitavat opiskelijat. Oppilaitoksen rakennustyömaa ei eroa ”oikeasta” rakennustyömaasta, muutoin kuin työmenekeissä. Tietomalli sopii erittäin hyvin käytettäväksi oppilaitoksen rakennusprosessissa, ei yksin visuaalisuutensa, vaan monen muunkin edellä teoriaosuudessa todetun mahdollisuuden takia. Oppilaitoksen rakennustyömaalla toimivat sisaralojen opettajat ja opiskelijat, kuten esimerkiksi talotekniikka-alan henkilöt.

Myös toteutuksen suunnittelussa ja tietojen hallinnassa on otettu ja tulisi ottaa käyttöön aktiivisesti mallipohjaisia työkaluja ja välineitä. Oppilaitoksen rakennustyömaalla voisi olla aktiivinen rooli mallipohjaisen työmaan tuotannon ohjauksessa, koska oppilaitoksella ei ole kehittämisessä liiketoimintaan liittyvää funktiota, kilpailukyvyyn ylläpitäminen tai sen kehittäminen, kuten rakennusliikkeillä on. Oppilaitoksen työmailla tavoitteena olisi ottaa huomioon erityisesti toteutus, jossa mallintamista on havaintojen perustella hyödynnetty vähän. Näyttää siltä, että mallintaminen muuttaa rakentamisen maailmaa kohti avoimempaa tiedon jakamista.

Rakentajat ja opettajat edellyttävät tietomallintamiselta rakentamiseen ja opettamiseen sopivia, nykyistä helppokäyttöisempiä työ- ja apuvälineitä tietosisällön hallintaan, toteutuksen suunnitteluun ja hankkeen etenemisen seurantaan. Jotta tietomalleista saadaan myös käytännössä todennettavaa hyötyä, suurin haaste on viedä mallintaminen aidosti työmaille. Oppilaitoksen työmailla käytettävien mallien on oltava erityisen selkeitä ja teknisesti helppokäyttöisiä, jotta mallipohjaiset rakennusprosessit tulisivat arkipäiväksi, yhdeksi työkaluksi vasaran rinnalle.

Tietomallia voidaan käyttää oppilaitoksen työmailla tuotannon suunnitteluun, ohjaukseen ja valvontaan. Taulukkoon yhdeksän on koottu tietomallin käyttämisen mahdollisuuksia oppilaitoksen rakennustyömaalla (katso myös taulukko 7) rakentamisvaiheessa. Mahdollisuudet ovat vielä ohjelmistoriippuvaisia, esimerkiksi aikatauluttaminen onnistuu vasta Tekla Structures-mallinnusohjelmalla. Kohta ollaan tilanteessa että on helpompi luetella se mihin mallia ei voi käyttää, kuten vielä se ei rakenna fyysisistä rakennusta.

TAULUKKO 9. Tietomallin käytön mahdollisuuksia oppilaitoksen rakennustyömaalla tuotannon ohjauksessa (Koppinen 2010b; Ikonen 2010; Karppinen 2010; Eastman ym. 2008, 213)

Tuotannon suunnittelu, ohjaus ja valvonta

- ajalliseen suunnittelu ja valvonta, osapuoli-integroitu 4D-aikatauluhallinta: rakennemalliin voidaan yhdistää eri osapuolten aikatauluseuranta (suunnittelu, valmistus, asennus)
- simulointi
- visualisointi, havainnollistaminen (asennuksia havainnollistetaan yhdistelmämallista tulostetuilla kuvilla, ”piirustuksina”)
- viestintä (kommunikointi) sekä sisäinen että ulkoinen, kuten asiakasviestintä
- perehdytys (3D-työmaasuunnitelma)
- lohkotekniikka, työsaumojen sijainti
- määrä- ja kustannuslaskenta, mallista saadaan sijainneittain eritellyt määrät, toteumaseuranta voidaan merkitä malliin – mittauspöytäkirjat tuotetaan mallin määrillä
- työturvallisuussuunnittelu, riskien tunnistaminen, kuten vaarapaikkojen ennakointi (putoamissuojaus, kaiteet, nosturin huomioon otto)
- aluesuunnitelman laadinta (vaiheittain, aidat, portit, kulkutiet, logistiikka jne.)
- väliaikaisten asennusten ja tuentojen suunnittelu
- (betoni)elementtien valmistuksen, toimituksen ja asennuksen suunnittelu ja seuranta
- hukan vähentäminen
- työvaihesuunnittelu (muotti-, raudoitus-, betonointi ja TATE-tehtäväsuunnitteluun; animointi, koulutus, määrät, menekit) ja kehittäminen (työtehon kasvattaminen, kilpailukyvyyn parantaminen)
- katso myös taulukko seitsemän.

Hukan vähentäminen mallintamisen avulla

Tietomallinnetulla rakennusprosessilla, mallin käyttämisellä rakennustyömaalla, voidaan vastata osaltaan Lean-ajattelumallin mukaisen hukan (waste) pienentämiseen niin koko prosessin tasolla kuin yksittäisen toimijankin työssä. Lean-ajattelussa esimerkiksi kaikki turha työ on hukkaa, liittypä hukka aikaan, laatuun tai kustannuksiin. Rakennusliikkeissä määrätieto mitään jopa kahdeksan kertaa mikäli käytetään perinteistä 2D-suunnittelua (Appelqvist 2010). Mallista ”määrämittaus” saadaan tehtyä kerralla, ja tietoa on aina ajantasaista. Talonrakentajat mittaavat lisäksi omiin urakoihinsa liittyvät määrät urakkahinnan antamista varten ja toteumatieto mitataan vielä kerran työmaalta.

Tietomallinnettu rakennusprosessi tukee myös erittäin hyvin toista keskeistä Lean-ideologian periaatetta, imuohjausta. Tietomalli tietää toteutuksesta etukäteen, mallissa voidaan simuloida tulevaisuutta, tuottaa erilaisia vaihtoehtoja esimerkiksi työvaiheiden toteutusjärjestyksestä. Mallissa tuotettu ratkaisuvaihtoehto voidaan asettaa mille tahansa tehtävälle tavoitteeksi ja lähteä toteuttamaan esimerkiksi tehtävän ajallista suunnittelua tavoitetta kohti. Perinteisissä ”työntöohjatuissa” hankkeissa on todettu, että näin pitkään työvaihe kesti, kiinnittämättä huomiota sen enempää siihen kuinka kauan se olisi saanut kestää.

Vaatimuksia oppilaitoksen tuotantomallille

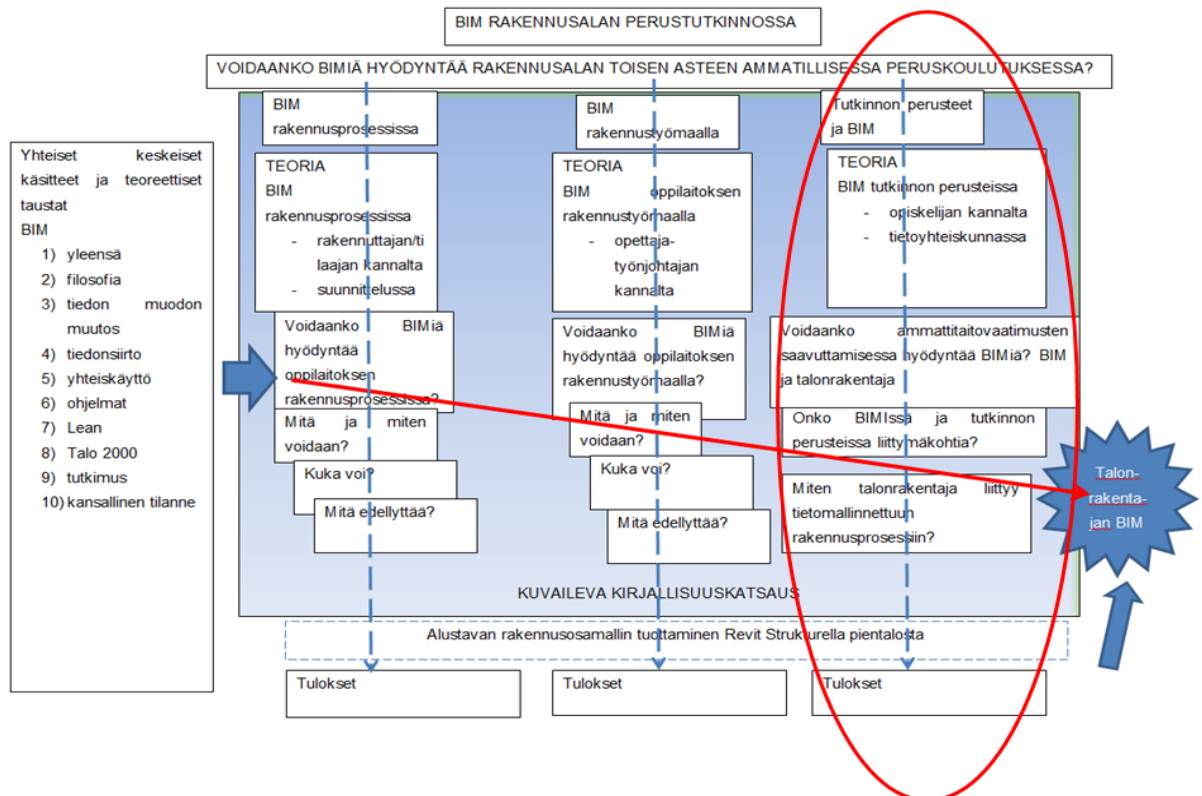
Eastmanin ym. (2008, 212) mukaan rakennusurakoitsijat, oppilaitoksen rakennustyömaat, haluavat seuraavia tietoja mallista: yksityiskohtaista tietoa rakennuksesta (*detailed building information*), väliaikaisten rakenteiden komponentteja (*temporary components*), eritelmän kuhunkin rakennusosaan liittyvistä tiedoista (*specification information associated with each building component*), analysoitua tietoa jotka liittyvät toimituksen tasoon ja hankkeen vaatimuksiin (*analysis data related to performance levels and project requirements*) suunnittelun ja rakentamisen tilasta (*design and construction status*).

Yksityiskohtaisen tiedon saaminen mallista edellyttää mallintamista tarkasti myös liitostasolla. Rakennusprosessin alkuvaiheessa on sovittu, kuka, mitä, miten ja milloin mallinnetaan eli tuotettu malliselostus. Mallinnustarkkuudessa tulee ottaa huomioon kuka mallia käyttää ja mihin tarkoitukseen sitä käytetään. On aivan eri asia oppilaitoksen rakennustyömaan kannalta jätetääkö malli perinteiselle 2D-piirustustasolle ja

siitä tulostettavien piirustusten varaan vai mallinnetaanko kaikki liittymätkin. Työmaa-suunnittelun avuksi oppilaitoksen opettaja-työnjohtajat tarvitsevat mallintamiseen komponentteja, kuten telineitä, muoteja ja nostureita, jotta mallista olisi hyötyä tuotannonohjauksessa ja sen valvonnassa. Erityisesti oppilaitoksen työmaa tarvitsee yksityiskohtaista tietoa rakennusosista ja niihin liittyvistä tuotteista, kuten niiden ominaisuuksista ja asennusohjeista. Tieto voi olla tuolloin linkitettyä rakennusosaan (attribuuttina) jossain muussa muodossa esimerkiksi tekstinä. Rakenteisiin ja rakennuksiin kohdistuvista kuormista, tukivoimista, maksimimomenteista, leikkausvoimasta, kuormista ja rasituksista tarvitaan tietoa, jotta niiden huomioon ottamisesta voidaan keskustella opetuksessa. Myös lämpökuormat, valaistusolosuhteet, lämmitystarve pitäisi selvittää tietomallista. Rakennushankkeen kokonaisuuden hallitsemiseksi (aika, laatu, kustannukset) tarvitaan ”komponentteja” jotta voidaan niin haluttaessa hallita hanketta malliin tukeutuen. Myös analyysejä voidaan joskus viedä malleihin. (Eastman ym. 2008, 212–213.)

4.2 Tietomalli tutkinnon perusteissa

Tässä osassa tutkimusta tarkastellaan rakennuksen tietomallia suhteessa rakennusalan perustutkinnon tutkinnon perusteisiin vastaamalla kysymykseen, voidaanko rakennuksen tietomallia hyödyntää talonrakentajan ammattitaitovaatimusten saavuttamisessa (kuva 62)? Näkökulma on opiskelijan eli tulevan talonrakentajan.



KUVA 62. BIM tutkinnon perusteissa tutkimuksen toteuttaminen

4.2.1 Tietomallintaminen tutkinnon tavoitteissa

Seuraavassa esitellään kirjallisuuskatsauksessa tuotetut, havaintoihin perustuvat tutkimustulokset, joissa tutkinnon perusteissa esitettyjä ammattitaitovaatimuksia on verrattu aiempaan tutkimukseen ja tutkimuksessa tuotettuun alustavaan pientalonrakennusosamalliin. Tutkinnon perusteet ovat tutkimuksen viitekehyksen osalta liitteessä 1.

Rakennusalan perustutkinnon tutkinnon perusteet uusiutuivat vuonna 2009. Perustutkinnon perusteisiin sisältyvät opetussuunnitelman perusteet. Rakennusalan perus-

tutkinnon voi suorittaa neljässä eri koulutusohjelmassa. Tässä työssä käsitellään talonrakennuksen koulutusohjelmaa, talonrakentajan perustutkintoa. Tietomallin käyttäminen ei sisälly (vielä) rakennusalan perustutkinnon osaamisvaatimuksiin tutkinnon perusteissa siten, että se olisi esitetty suoraan osana tavoiteltavaa ammattitaitoa. Sen sijaan tutkinnon perusteista löytyy viittaus osaamisvaatimuksiin alan kuvauksesta. Tulevaisuutta ennustetaan siten, että tieto voi liikkua rakennushankkeessa osapuolen välillä sähköisesti ja hankkeissa voidaan käyttää tuotemallia [tietomallia] hyväksi. Käsitteistön muuttuminen tutkinnon perusteiden kirjoittamisen jälkeen kuvaa hyvin rakennusalaan koskettavaa muutosta, tiedon (informaation) vanhenemista hetkessä, vaikkakin rakennusalaan on pidetty perinteisesti konservatiivisena teollisuuden alana (Mölsä 2012, 7–8). Tutkimuksen näkökulmasta rakennusalaan pidetään edelleen konservatiivisena alana.

Maarakennuskoneen kuljettajan osaamisvaatimuksissa tietomallin käyttöä edellytetään Maarakennuskoneiden 3D-ohjaus -tutkinnon osassa, joskaan tutkinnon perusteet eivät ota suoraan kantaa mistä ja missä muodossa tieto maarakennuskoneessa olevaan mittalaitteeseen tuodaan (työn tilaaja ei tarjoa opiskelijoille kyseistä tutkinnon osaa). Se jää koulutuksen järjestäjän ratkaistavaksi. Ammattitaitovaatimus on seuraava:

Opiskelija osaa käyttää maarakennuskoneiden konemittalaitteita (esimerkiksi konevastaanottimet, vaa’at, syvyysmittarit, ajoneuvojen GPS-ohjaus) tavanomaisissa maarakennusalan töissä. (OPH 2009, 120.)

Talonrakentajan ammattitaito

Seuraavana on esitetty talonrakentajan ammattitaitovaatimuksista tutkinnon perusteista ne osat, joissa tutkimuksen havaintojen perusteella voidaan hyödyntää tietomallintamista. Esitystapa on seuraava: ensin on lainaus tutkinnon perusteista, sen jälkeen lainausta selitetään (esitetään tulokset) sekä verbaalisesti että osittain visuaalisesti.

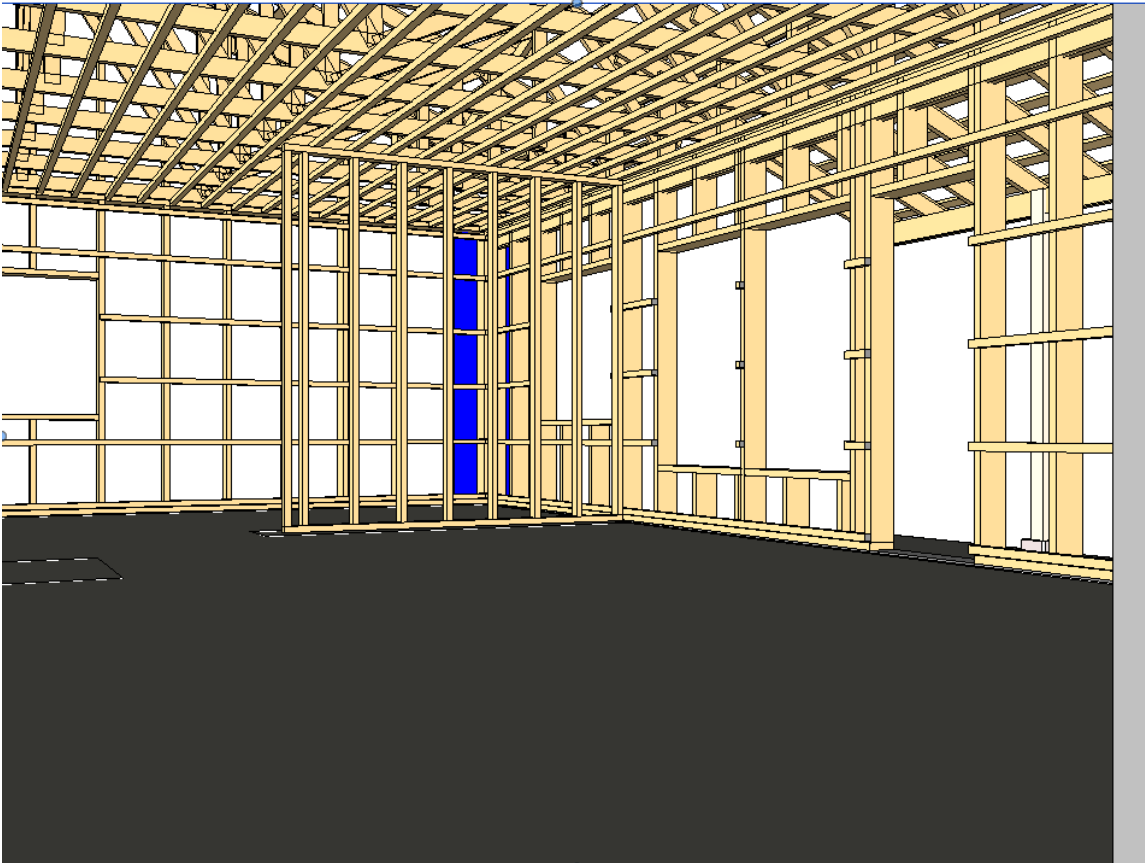
Talonrakentajalla tulee olla monipuolinen ammattitaito jota hän kehittää jatkuvasti. Talonrakentajan on hahmotettava oma työ osana suurempaa tehtäväkokonaisuutta siten että hän osaa toiminnassa ottaa huomioon lähialojen ammattilaisten, kuten talotekniikan tehtävät omassa työssään. Talonrakentaja tekee työnsä rakennusalan laatuvaatimusten mu-

kaisesti sekä käsittelee materiaaleja huolellisesti ja taloudellisesti. Talonrakentaja osaa suunnitella työnsä piirustuksien [tulevaisuudessa tietomallin(en)] avulla, osaa tehdä materiaali- ja työmenekkilaskelmia sekä hän osaa esitellä ja arvioida omaa työtään suhteessa tavoitteisiin. (OPH 2009, 10.)

Yleiskatsauksen perusteella tietomallintamisen hyödyntämisen opettaminen ja oppiminen rakennustyömaalla toimivalle talonrakentajalle on yksi keskeinen tulevaisuuden ja ehkä jo tämän päivän osaamisvaatimus, osa jatkuvaa kehittymistä, elinikäistä oppimista. Suurempien tehtäväkokonaisuuksien hahmottamisessa tietomalli on verraton väline visuaalisuutensa, mallissa liikkumisen ja äärettömän määrän näkymiä tuottavan mahdollisuuden takia (kuva 63). Tehtävän edellyttämiä laatuvaatimuksia mallista (malleista) ei vielä löydetä, mutta tekniikka laatuvaatimusten liittämiseksi malliin on olemassa, yksinkertaisimmillaan se voidaan linkittää malliin attribuuttitietona. Tehtäväsuunnitteluun, tutkinnon perusteissa työsuunnitteluun, tietomalli luo perustan, jonka mahdollisuuksista tunnetaan tällä hetkellä vasta osa. Mallista saadaan tietoa esimerkiksi tehtävän mittakaavasta (määrätieto), materiaalista (rakennetieto), liittymistä (muihin rakenteisiin, muihin tehtäviin, muiden ammattialojen tehtäviin), ajallista tavoitteista (4D-tieto) ja sijainnista (mittatieto).

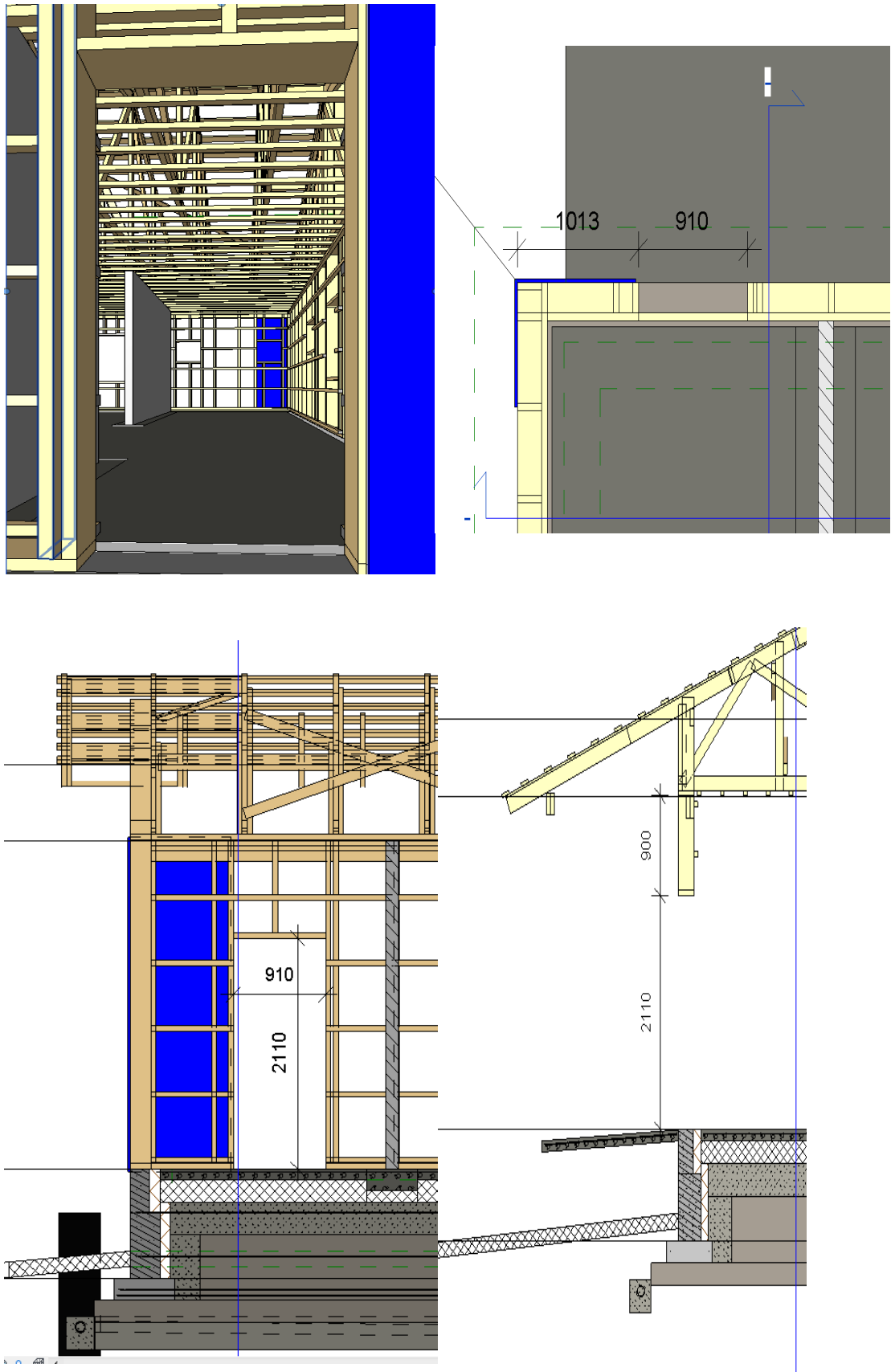
Mallin avulla voidaan asettaa omalle oppimiselle tavoitteita (esimerkiksi laadullisia, ajallisia, kustannuksellisia tavoitteita) ja arvioida niiden toteutumista. Malli voi toimia ainakin oppimisen arvioinnin tukena, ja jopa osaamisen arvioinnin apuvälineenä. Opiskelija voi osoittaa esimerkiksi tiedon haun osaamisen mallin avulla, jota voidaan käyttää esimerkiksi ammattiosaamisen näytön arvioinnissa.

Talonrakentaja osaa lukea sekä talonrakentamiseen että maarakentamiseen liittyviä piirustuksia [tai tietomalleja]. Hänellä on mittaustöissä ja rakennustyömaan laskentatehtävissä tarvittavat matemaattiset valmiudet. Laaja-alaisten elinkaaripalvelumallien yleistyessä rakennusalan yrityksissä, talonrakentajan on toimittava erilaisissa vuorovaikutustilanteissa yhteistyökykyisesti sekä ilmaistava näkökantoja selkeästi ja luottamusta herättäen. (OPH 2009, 10.)



KUVA 63. Mallissa liikkuminen. Kuva Antti Kolari 2012

Mittatietoa (kuva 64) löytyy mallista helposti mistä kohtaa rakennusta tai rakennusosaa tahansa. Mittatietoa voidaan siirtää sähköisesti työmaan käyttöön esimerkiksi takymetriin ja tarkemittatieto voidaan tuoda takaisin malliin esimerkiksi jatkosuunnittelun pohjaksi. Tyypillisesti tarkemittatiedonsiirtoa tarvitaan esimerkiksi paalujen todellisesta sijainnista, missä paalujen sijaintitieto voidaan tuoda mallista ja tarkemittatieto viedä takaisin malliin.



KUVA 64. Esimerkki oven apukarmeista ja niiden mittatiedosta. Kuva Antti Kolari 2012

Erilaisten elinkaari palvelumallien tuoma talonrakentajan ammattikuvan laajentuminen voi laajentaa talonrakentajan osaamisvaatimuksia tulevaisuudessa. Talonrakentajan on osattava käyttää tietomalleja ja niiden tulkitsemiseen tarkoitettuja ohjelmia (*viewereitä*), hakea niillä esimerkiksi mittatietoa mallista asiakkaan tarpeita varten pienissä muutostöissä. Talonrakentaja voi tulevaisuudessa joutua käyttämään tietomallia erilaisissa sosiaalisissa tilanteissa, esimerkiksi esitellessään toteuttamaansa työvaihetta mallista työmaalla asunnon ostaneelle asiakkaalle. Keskustelua voidaan käydä yhteisen näkymän perusteella.

Talonrakentaja ottaa erityisen tarkkaan huomioon työn turvallisuuden, turvallisia työtapoja sekä oikeaa asennetta arvostava työturvallisuuskulttuuri on vasta kehittymässä rakennusosalalle. (OPH 2009, 10.)

Tietomallia voidaan käyttää työmaan turvallisuussuunnittelussa, -ohjaamisessa ja -valvonnassa. Riskialttiit työvaiheet voidaan tunnistaa mallista esimerkiksi mallintamalla jokin kriittinen työvaihe. Talonrakentaja voidaan perehdyttää, tai perehtyä itse mallin avulla, hän voi käydä tarkastamassa ja varmistamassa mallista työhön sisältyvät kriittiset ja muutkin tekijät. Taukotilassa oleva pääte (päätteet oppilaitoksen työmaalla) parantaa mallin hyödyntämisen mahdollisuuksia huomattavasti. Se vaati kuitenkin asenteissa ja käytänteissä muutoksen, joka voi kestää vuosia.

Ympäristötietoisuus rakentamisessa edellyttää rakentajilta uusia tietoja esimerkiksi eri materiaalien ominaisuuksista. Rakennusalan ammattilainen osaa vastata asiakkaan kysymyksiin materiaalin tai tuotteen valmistuksen, käytön ja hävittämisen yhteydessä syntyvistä päästöistä ja jäte-ongelmista. (OPH 2009, 10.)

Malliin liitetty attribuuttitieto lisää merkittävästi mahdollisuuksia hyödyntää myös ympäristönäkökulmaa rakentamisessa esimerkiksi hukan vähentämisessä, kierrätettävyydessä ja päästöjen arvioinnissa, joita voidaan simuloida jo hankkeen suunnitteluvaiheessa.

Talonrakentajat osaavat käyttää tietotekniikkaa. Lähitulevaisuudessa ollaan tilanteessa, jossa kaikki rakennusalan tieto voi olla ja liikkua osapuolten välillä sähköisenä. Tällaisen tiedonsiirron osaaja on alalla etu-

lyöntiasemassa, koska sähköinen tiedonsiirto merkitsee nopeutta ja tietojen tehokasta hyödyntämistä. (OPH 2009, 11.)

Tietotekniikan perusvalmiuksien oppiminen ja tietotekniikan käyttäminen sisältyvät tutkintoon. Tietomallin käyttöön liittyvät ohjelmat, mitä ovat, määritellään tutkintokohtaisessa opetussuunnitelmassa, pitäisi pystyä opettamaan, perusteet sähköisestä tiedon siirtämisestä netin yli ja perusteet tulevaisuudessa käytettävien tietomallipalvelimien tai vielä hypoteesin tasolla oleva pilvitiedon toiminta- ja hyödyntämisperiaatteista. Nykynuoret osaavat käyttää tietotekniikkaa hyvin, joskin asiayhteys ei aina ole tavoiteltu. Tietomallintamiseen liittyvien ohjelmistojen haltuunotto käynee heiltä helposti, logiikka kun on ollut ohjelmistojen rakentamisessa varsin samankaltainen. Haasteena tullee olemaan ohjelmien käytön osaamisen tuottaman konkreettisen hyödyn osoittaminen. Vastaaminen opettajille niin tuttuun kysymykseen: missä minä tätä tarvitsen? Tietomalli auttaa tässäkin asiassa esimerkiksi visuaalisuutensa ansiosta, on helppo osoittaa mallissa miksi mallintamiseen liittyvää ohjelmistoa on osattava käyttää.

Kansainvälistyminen asettaa varsinaisen ammattitaidon lisäksi muita haasteita. Kansainvälisen rakentajan taitoja ovat vieraiden kielten hallinta, kohdemaan kulttuurin ymmärtäminen, palvelualttius, erilaisiin oloihin mukautuminen ja tietotekniikan hallinta oman ammatin lisäksi. (OPH 2009, 11.)

Tietomalli muodostaa oman kielen kansainvälistyvään rakennusteollisuuteen. Kielellisiä puutteita voi täydentää esimerkiksi mallin visuaalisuudella. Tietomalli helpottaa ja parantaa yhteistyötä työmaalla toimivien kommunikoinnissa ja miksei työmaan ulkopuolisessa kommunikoinnissakin. Tuleeko tietomallista uusi yhteinen kieli rakentamiseen? Miten suomalaisen talonrakentajan kilpailukyky globaaleilla markkinoilla säilytetään?

Tietomalli elinikäisen oppimisen avaintaidoissa

Elinikäisen oppimisen avaintaidoissa on tietotekniikka ja tietomallintamista koskettava taito:

Teknologia ja tietotekniikka. Avaintaitovaatimusten mukaan opiskelija hyödyntää ammatissa käytettäviä teknologioita [tietomallia] monipuolisesti. Hän ottaa työssään huomioon tekniikan hyödyt, rajoitukset ja riskit. Hän käyttää tietotekniikkaa monipuolisesti ammatissaan ja kansalaisena. (OPH 2009, 21.)

Koulutuksen järjestäjä päättää tutkintokohtaisessa opetussuunnitelmassa mitä ja miten oppiminen toteutetaan ja osaaminen varmistetaan. Tutkimuksessa havaittiin, että koulutuksen järjestäjät eivät toteuta tasapuolisesti kansallisesti tietotekniikan opetusta ja infrastruktuurin rakentamisessa on ollut merkittäviä eroja (OKM 2010). Tietoteknisten valmiuksien opettaminen on henkilöitynyt.

4.2.2 Tietomallintaminen tutkinnon osissa

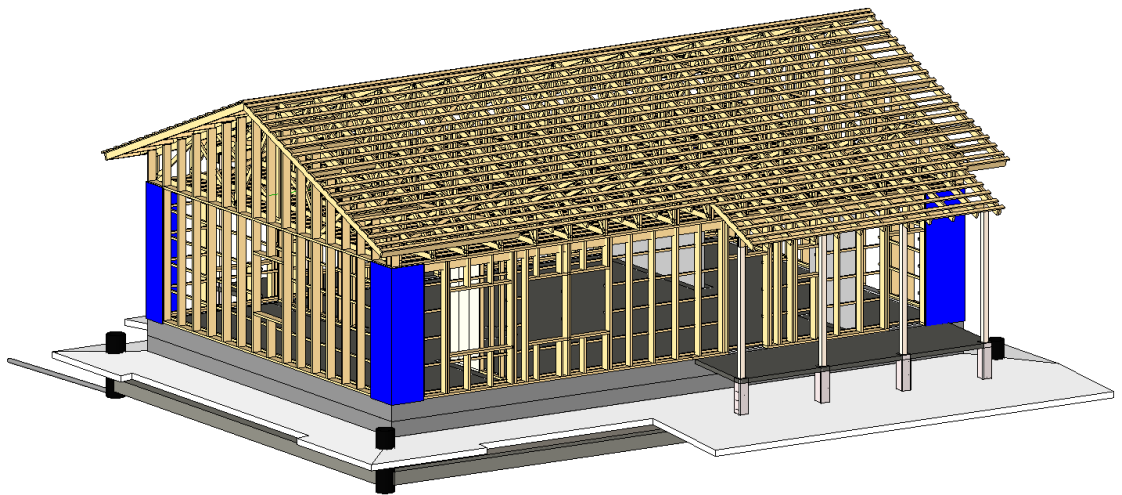
Tietomallinnetun rakennusprosessin hyötyjä tarkastellaan talonrakentajan näkökulmasta kahdessa tutkinnon osassa: Perustustöissä ja Runkovaiheen töissä. Tutkinnon osien ammattitaitovaatimuksia verrataan tietomallintamisen mahdollisuuksiin sekä aikaisemman tutkimuksen että tutkimuksessa mallinnetun alustavan rakennusosamallin avulla. Tutkinnon osat ovat talonrakentajalle pakollisia tutkinnon osia ja ne muodostavat ammatillisista tutkinnon osista niin opintoviikoiltaan kuin osaamistavoitteiltaan merkittävän osan (50 ov:a 90 ov:sta).

Tutkimustulokset esitetään tutkinnon osien arvioinnin kohteiden; työprosessin, työmenetelmien, -välineiden ja materiaalin työn perustana olevan tiedon ja elinikäisen oppimisen avaintaitojen hallinnan mukaan jäsenneltynä kiitettävän tason arviointikriteereiden perusteella. Arvioinnin kohteet on jaettu edelleen tutkinnon perusteiden mukaisesti alakohtiin, esimerkiksi Perustustöiden työprosessin hallinnassa: *Oman työn suunnittelu, taloudellinen ja laadukas toiminta*. Kiitettävän tason arviointikriteerit valittiin tutkimuksen kohteeksi, koska niissä osaamisen on esitetty laajimmin. Tuloksissa esitetään vain ne arvioinnin kohteet ja -kriteerit joista löydettiin havaintojen perusteella asiayhteys tietomalliin. Muut tutkimuksen kohteena olleiden tutkinnon osien arvioinnin kohteet ja -kriteerit löytyvät liitteestä 1.

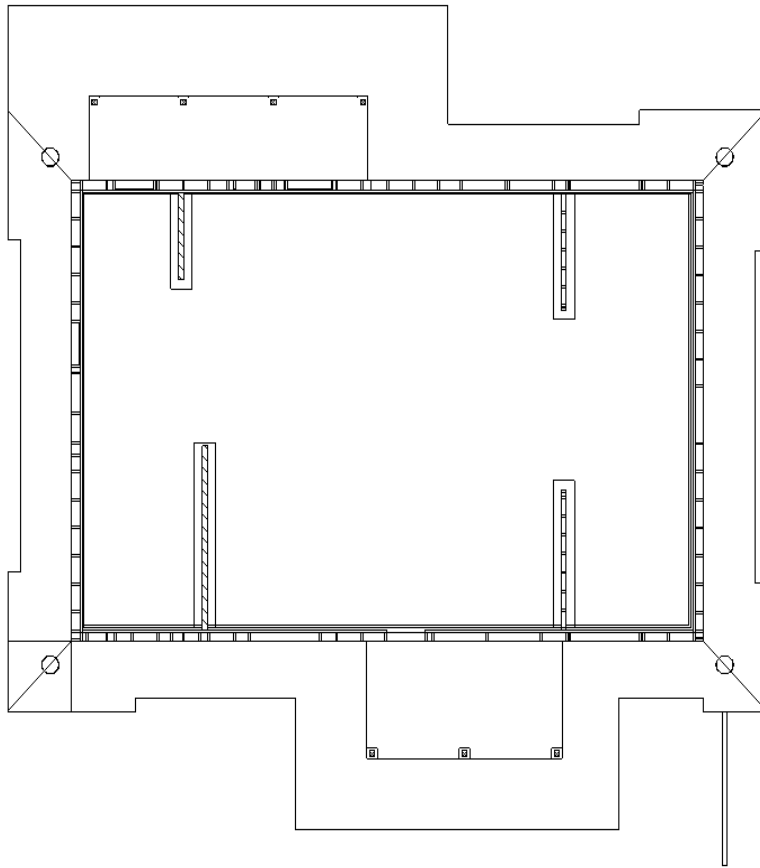
Tutkimuksessa tuotettiin rakenneosamalli pientalon perustus- ja runkovaiheen töistä. Malli tehtiin Revit Structure-ohjelmalla, koska koulutuksen järjestäjällä on käytössään Revit Architecture-ohjelma, missä mallia voidaan käsitellä opiskelijoiden kanssa.

PERUSTUSVAIHEEN TYÖT

Tietomalli tietää rakennuksesta ennen kuin sitä edes on aloitettu fyysisesti toteuttamaan (kuva 65). Tavoite on havainnollistettavissa myös tulevalle talonrakentajalle, opiskelijalle, tavoite voidaan asettaa aivan eri tavoin kuin perinteisten 2D-suunnitelmien avulla (kuva 66). Opiskelija voi mallin avulla asettaa tavoitteita itselleen ja seurata niiden toteutumista. Mallin visuaalisuus on vailta vertaa. Mallista on helposti hahmotettavissa muun muassa missä, mitä, miten ja milloin aiotaan rakentaa. Mallista opiskelija voi löytää omaan työhönsä liittyvät tehtävät ja sen perusteella osaa ottaa ne huomioon valitessaan materiaaleja, menetelmiä, välineitä ja työjärjestystä.



KUVA 65. 3D-näkymä rakennusosamallista. Kuva Antti Kolari 2012

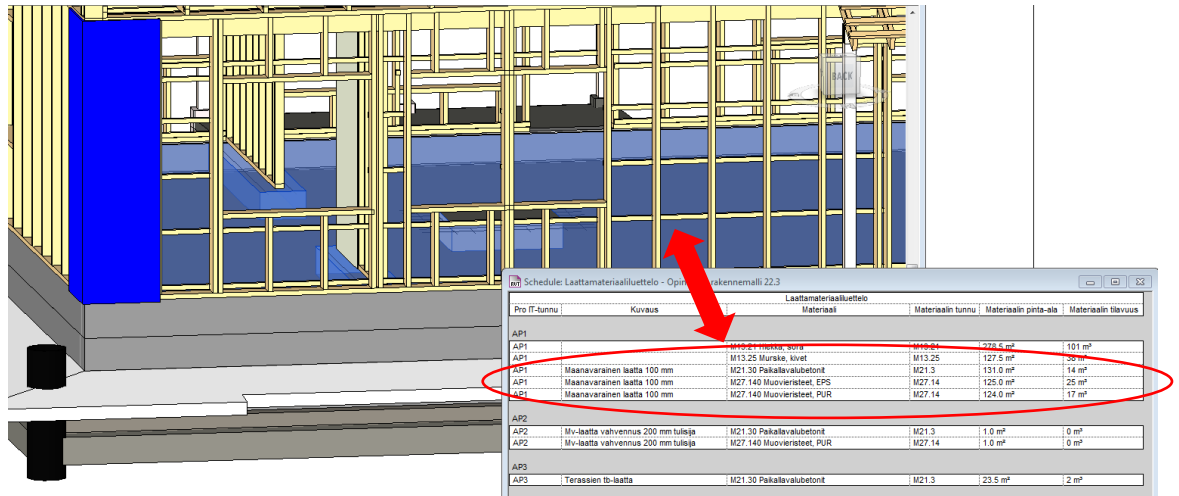


KUVA 66. Perinteinen 2D-suunnitelma. Kuva Antti Kolari 2012

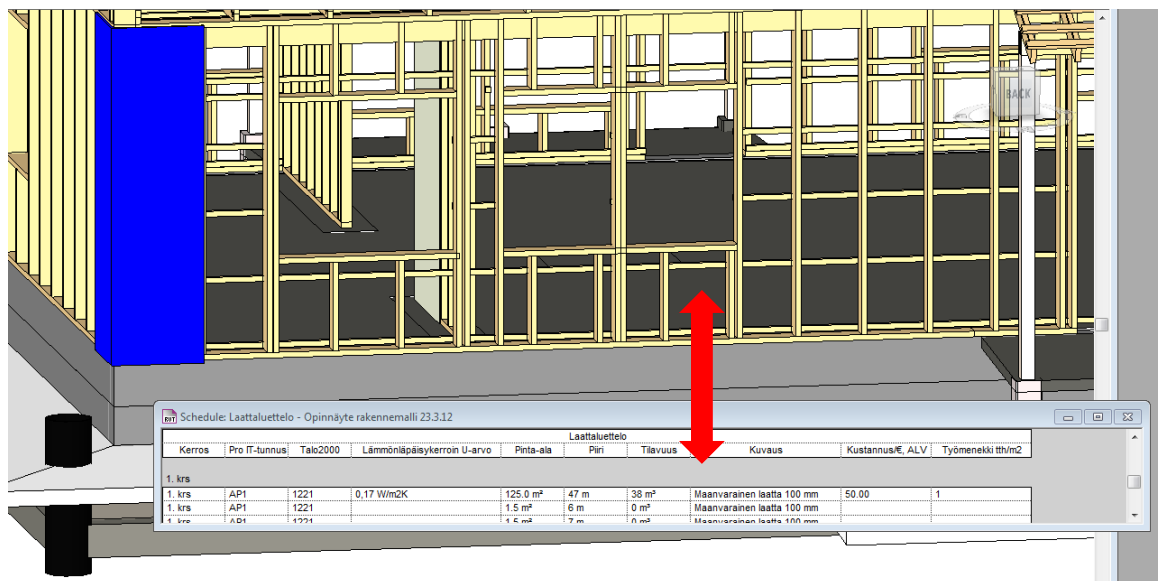
Työprosessin hallinta

Oman työn suunnittelu, taloudellinen ja laadukas toiminta

Molemmissa tarkastellussa tutkinnon osassa opiskelijan on osattava suunnitella oma työnsä hankkeen suunnitelma-asiakirjojen perusteella. Tietomallista, mallinnustarkkuuden ja mallin tietosisällön puitteissa, voidaan saada ainakin osa tiedosta työn suunnittelua varten. Tietoja (kuvat 67 ja 68), joita voidaan saada mallista, ovat: määrä- mitta-, materiaali-, aika-, työmenekki- ja sijaintitieto, mikäli tieto sisältyy malliin. Jos malliin on liitetty tehtävässä tarvittava laatu-tieto, mikä ei vielä ole mahdollista lukuun ottamatta attribuuttitietoa, saadaan kaikki tarvittava tieto työn toteutuksen suunnittelua varten. Tiedon avulla päästä tavoitteeseen, joka on taloudellinen ja laadukas toiminta. Työsuunnitelma voitaneen tulevaisuudessa tehdä talonrakentajan tietomalliin?



KUVA 67. Näkymä Laattamateriaaliluettelosta ja mallista alapohjan AP 1 paikallaväyläbetonista. Kuva Antti Kolari 2012



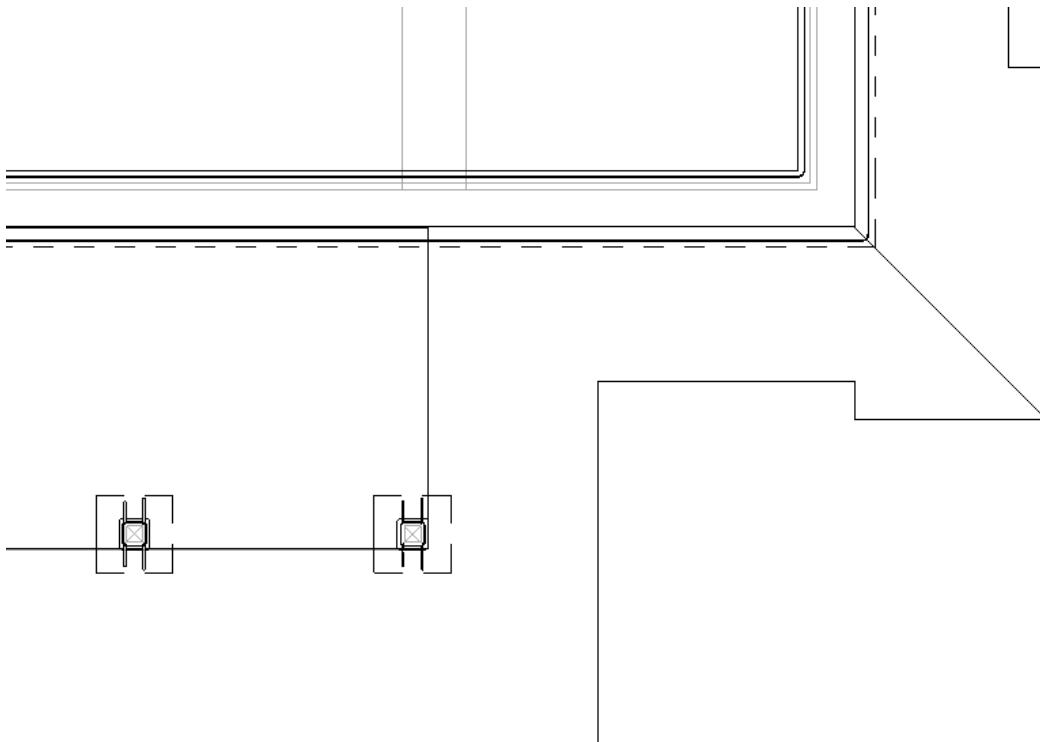
KUVA 68. Maanvarainen laatta Laattaluettelossa. Kuva Antti Kolari 2012

Tietomallintamalla tehdyn työmaasuunnitelman avulla opiskelija voi vastaanottaa ja varastoida materiaaleja. Hän pystyy halutessaan seuraamaan RFIDin avulla materiaalivirtoja, esimerkiksi milloin perustuselementti on toimituksessa, edellyttäen, että tekniikka on työmaalla käytössä.

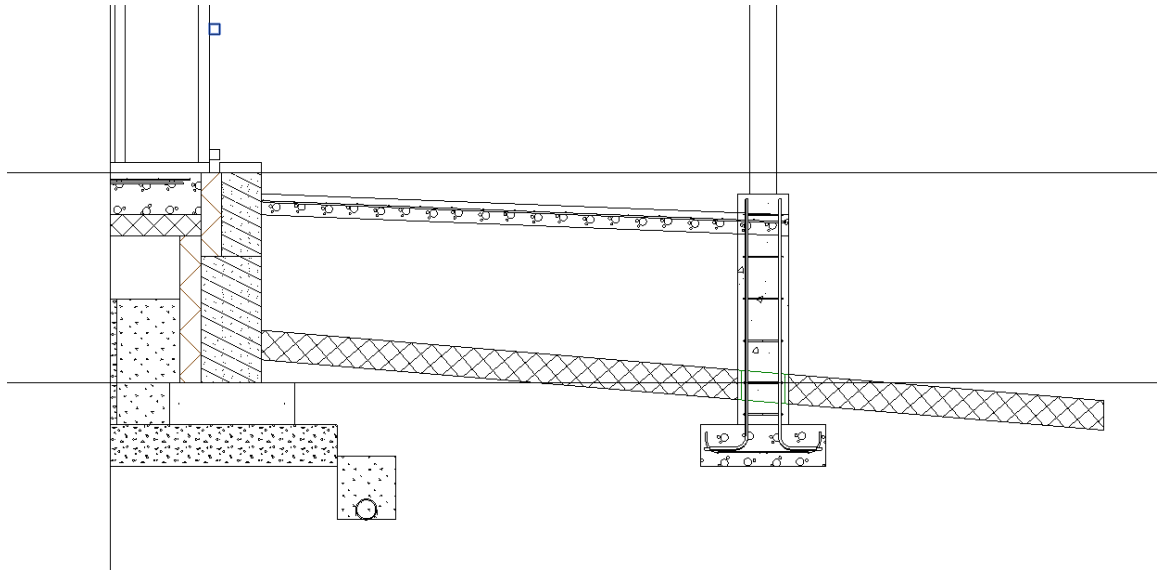
Työmenetelmien, -välineiden ja materiaalin hallinta

Perustustyömenetelmien hallinta ja perustuselementtien asennuksen hallinta

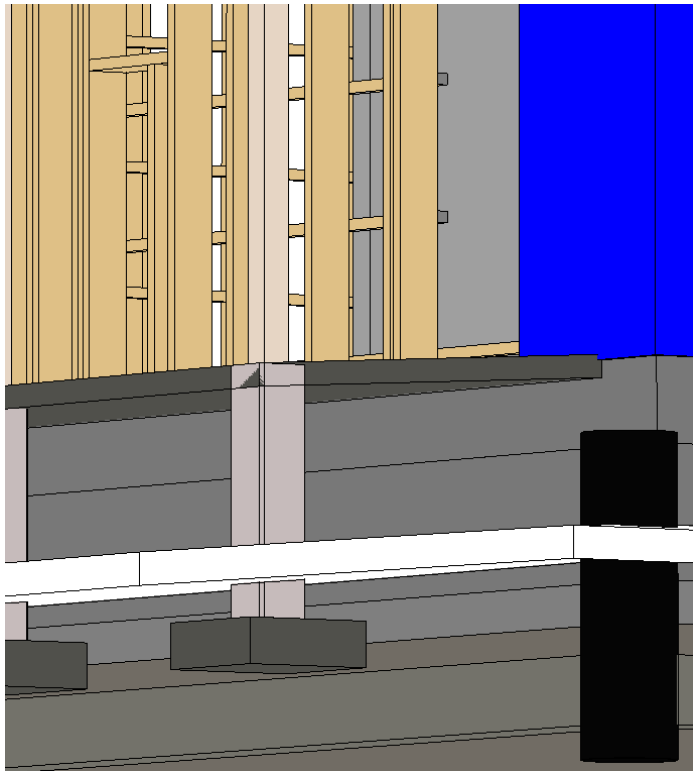
Suunnitelmia voi joko tulostaa mallista tai lukea niitä suoraan käyttöliittymästä, näkymästä, mistä tahansa kohdasta rakennusta tai rakennusosaa (kuvat 69–73). Mittatieto löytyy niin ikään mallista ja se on vietävissä takymetriin ja tarkemittatieto tuotavissa takymetrin malliin. Mikäli perustuselementtien asennus on mallinnettu, löytyy mallista tieto asennusjärjestyksestä, sijainnista, tulevista asennuksista, asennetuista elementeistä, asennusaikataulusta sitä mitä ja miten on haluttu mallintaa. RFIDin avulla voidaan löytää ”oikea” elementti joko fakista (elementtivarasto) tai ajoneuvosta. Jälki-
valujen tilavuus, raudoitteet, hitsaukset ja laatuvaatimukset voidaan esittää mallissa. Harkkoperustusten muurauksessa tarvittava materiaalitieto löytyy mallista mallinnustarkkuudesta riippuen harkon tarkkuudella (määrät), laasti, jonka menekkitieto voidaan taulukoida mallissa laskentakaavan avulla. Paikallavaluperustuksista löytyy tieto raudoitteista, mitoista ja sijainnista.



KUVA 69. Ote perustussuunnitelman tasonäkymästä 2D:nä. Kuva Antti Kolari 2012



KUVA 70. Leikkaus perustuksesta. Kuva Antti Kolari 2012



KUVA 71. Perustukset 3D:nä. Kuva Antti Kolari 2012

Structural Foundation Material Takeoff							
Rakenne	Materiaalin nimi	Leveys m	Pituus m	Korkeus m	Piiri	Pinta-ala m2	Tilavuus
Pilariantura	M21.30 Paikallavalubetonit	0.6	0.6	0.200	2.40 m	0.36	0.07 m³
Pilariantura	M21.30 Paikallavalubetonit	0.6	0.6	0.200	2.40 m	0.36	0.07 m³
Pilariantura	M21.30 Paikallavalubetonit	0.6	0.6	0.200	2.40 m	0.36	0.07 m³
Pilariantura	M21.30 Paikallavalubetonit	0.6	0.6	0.200	2.40 m	0.36	0.07 m³
Pilariantura	M21.30 Paikallavalubetonit	0.6	0.6	0.200	2.40 m	0.36	0.07 m³
Pilariantura	M21.30 Paikallavalubetonit	0.6	0.6	0.200	2.40 m	0.36	0.07 m³
Pilariantura	M21.30 Paikallavalubetonit	0.6	0.6	0.200	2.40 m	0.36	0.07 m³

KUVA 72. Pilarianturoiden betonin ulosotto. Kuva Antti Kolari 2012

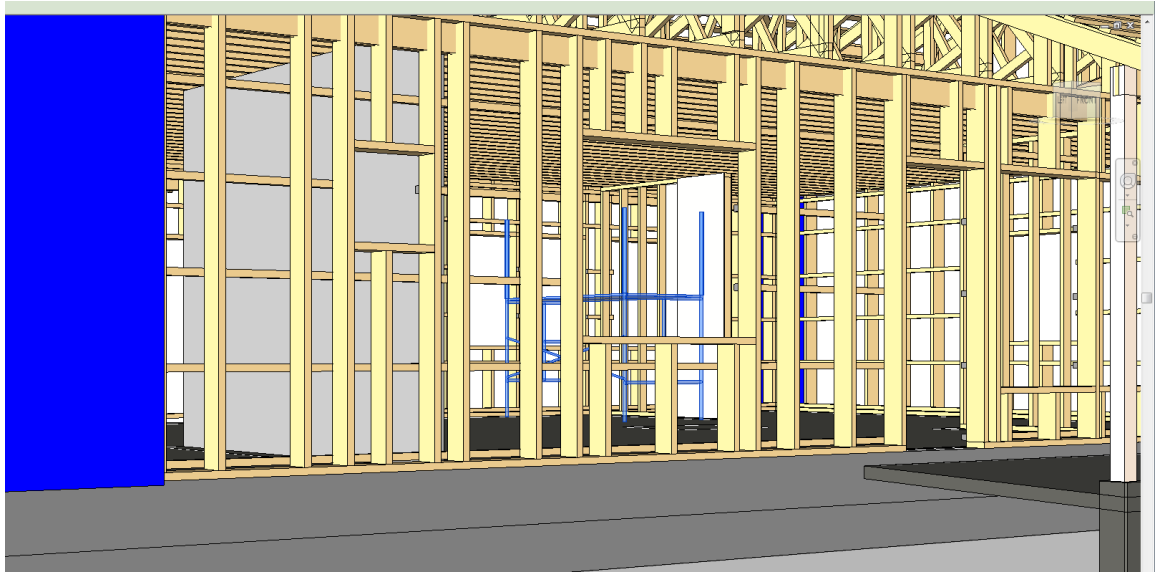
Työn perustana olevan tiedonhallinta

Rakennustyömaan vaiheiden tunteminen, jätteiden lajittelu, työmaalla toimiminen

Mikäli työmaan yleissuunnittelu, kuten aluesuunnitelma, jossa on esitetty väliaikaiset asennukset, on tehty mallintamalla, talonrakentaja löytää ne myös mallista. Jätelavojen paikat ja lajittelu voidaan esittää mallissa. Työmaan toteutus voidaan havainnollistaa esimerkiksi rakennusvaiheittain jolloin tieto saadaan myös toteuttajien käyttöön. Rakennustyömaa, rakennuksen vaiheittainen rakentaminen, voidaan mallin avulla visualisoida kuinka tarkasti mallinnustarkkuuden puitteissa tahansa. Esimerkiksi perustukset voidaan filteroida (suodattaa) mallista omaksi näkymäkseen.

Materiaalien ominaisuuksien tunteminen, piirustusten tulkitseminen

Materiaalitieto voidaan esittää joko mallissa tai linkkinä tiedon lähteeseen (RaSi). Talonrakentaja voidaan perehdyttää työmaahan mallin avulla, työmaalla ja rakennuksessa voidaan ”kävellä” (kuva 73). Työmaan toteuttamisen kannalta olennainen määräystieto ja niiden tulkinta (ohjeet) on mallisissa, kuten osastoinnit, poistumistiet ja palonkestoajat. Tietomallintamisen avulla hukka vähenee, koska materiaalin käyttöä voidaan hahmottaa tehokkaammin kuin aiemmin, ”oikea tavara oikeaan aikaan oikeaan paikkaan”-periaatteella (katso Lean). Piirustuksia voidaan tulkita mallista erilaisen katseluohjelmien (*viewereiden*) avulla, vain mielikuvitus asetta rajan näkymien hyödyntämiselle, rajoittavana tekijänä on yleensä mallinnustarkkuus eli mitä on mallinnettu. Mallin visuaalisuus on vailla verta!

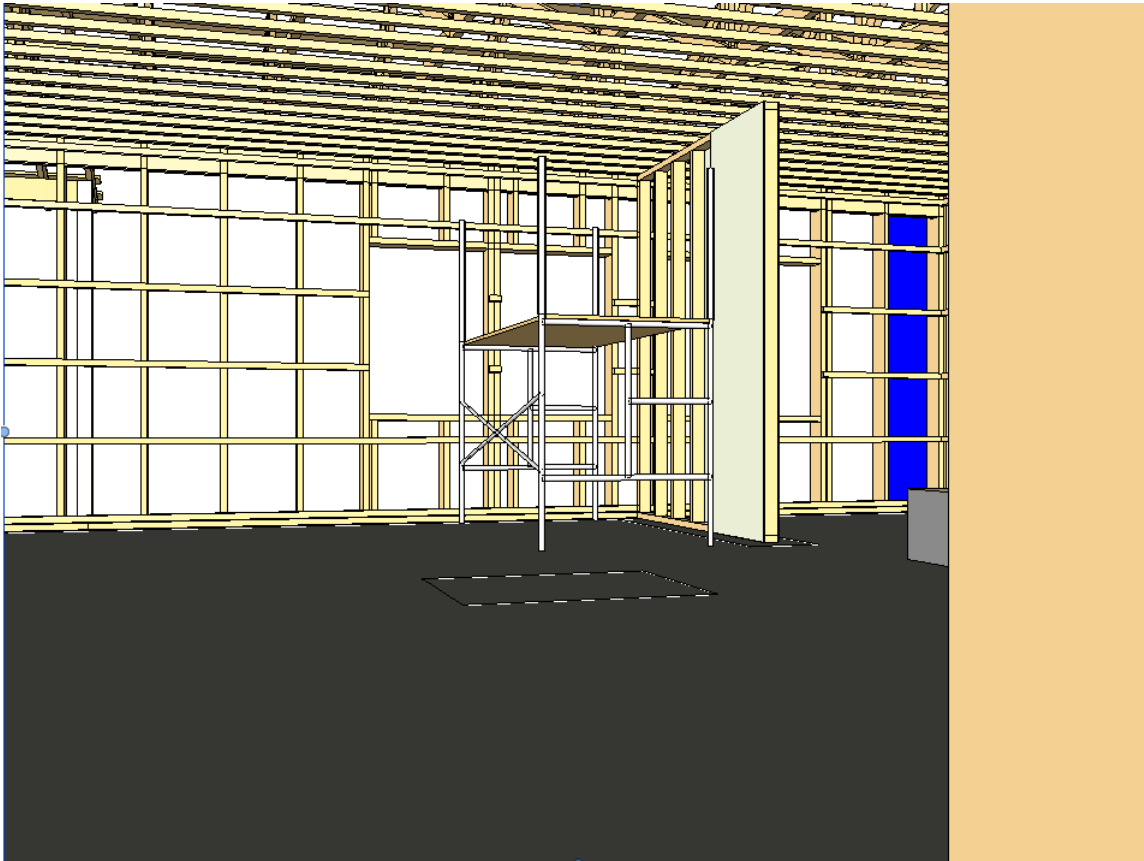


KUVA 73. Mallissa liikkuminen. Kuva Antti Kolari 2012

Elinikäisen oppimisen avaintaidot

Terveys, turvallisuus ja toimintakyky

Työmaan turvallisuussuunnittelu (kuva 74), riskien tunnistaminen, niihin varautuminen ja -ehkäisy voidaan toteuttaa ainakin osittain mallintamalla. Opiskelija voi tunnistaa mallista vaarat ja varautua omassa työssään niihin sekä ilmoittaa muille työmaalla toimiville havaitsemistaan riskeistä. Parhaimmillaan opiskelija kykenee kehittämään niin omaa kuin muiden työmaalla toimivien turvallisuutta mallin avulla.



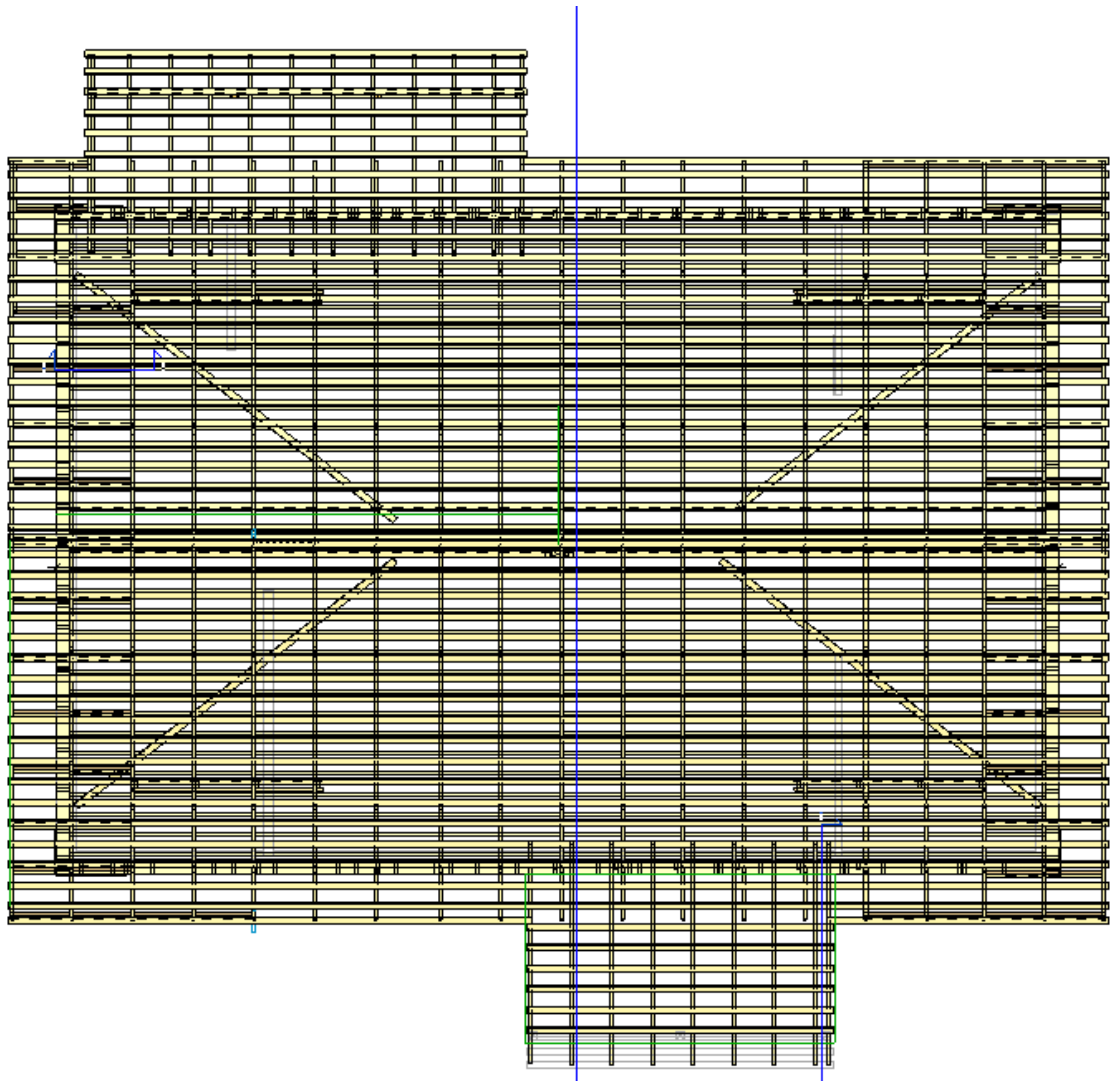
KUVA 74. Työteline jäykistävän väliseinän rakentamista varten. Kuva Antti Kolari 2012

RUNKOVAIHEEN TYÖT

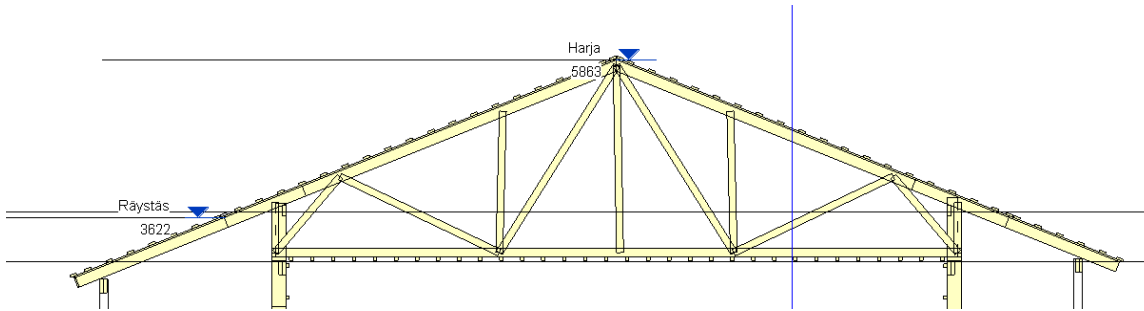
Työprosessin hallinta

Oman työn suunnittelu, taloudellinen ja laadukas toiminta

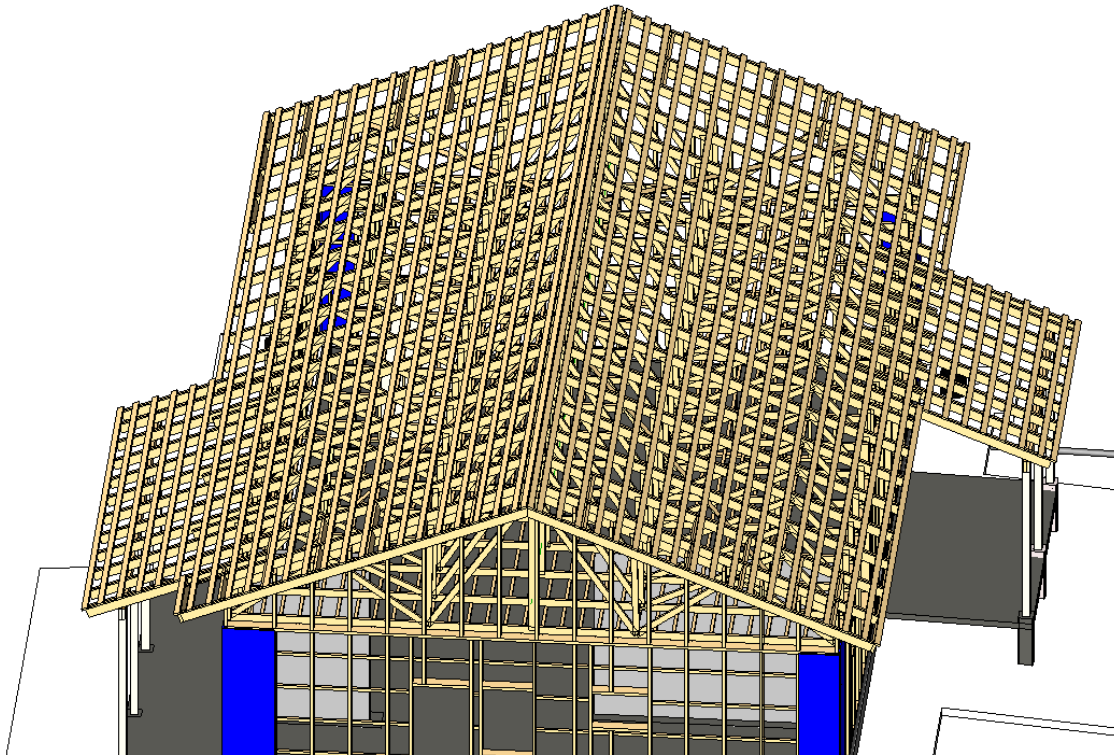
Mahdollisuudet ovat samat kuin Perustustöissä. Seuraavissa kuvissa (kuvat 75–77) on esitetty näkymiä vesikaton rakentamiseksi.



KUVA 75. Vesikaton tasopiirustus. Kuva Antti Kolari 2012



KUVA 76. Vesikattoleikkaus. Kuva Antti Kolari 2012

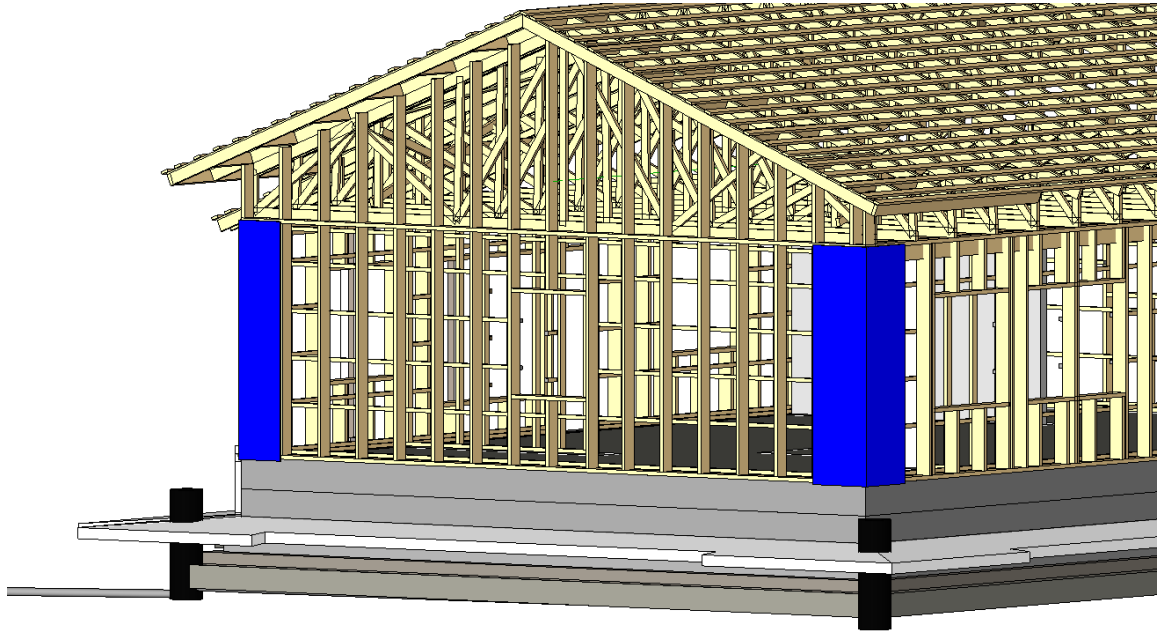


KUVA 77. Vesikatto 3D:nä. Kuva Antti Kolari 2012

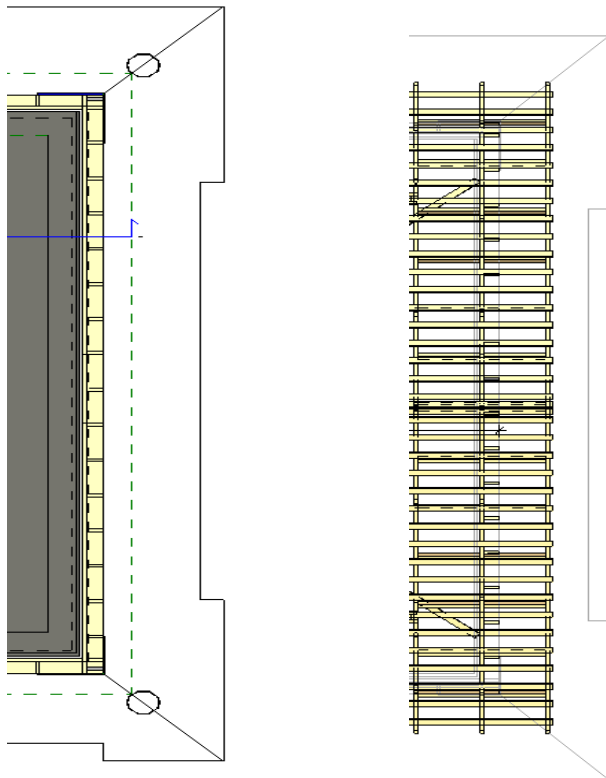
Työmenetelmien, -välineiden ja materiaalin hallinta

Runkotyömenetelmien hallinta

Mahdollisuudet ovat samat kuin Perustustöissä. Seuraavissa kuvissa (kuvat 78 ja 79) on esitetty näkymiä päätyrungosta.



KUVA 78. Näkymä päätyrunkosta 3D:nä. Kuva Antti Kolari 2012



KUVA 79. Päätyrunko 2D:nä; 1 krs. runko ja vesikatto. Kuva Antti Kolari 2012

Ovi- ja ikkuna-asennusten hallinta

Ikkunoita ja ovia koskeva tyyppi-, sijainti-, mitta-, määrätieto ja osittain laatutietokin, mm. palonkesto aika, ääneneristävyys, löytyy mallista. Mallista voi tulostaa ikkuna- ja oviluettelot. Tieto löytyy arkkitehdin luomasta rakennusosamallista.

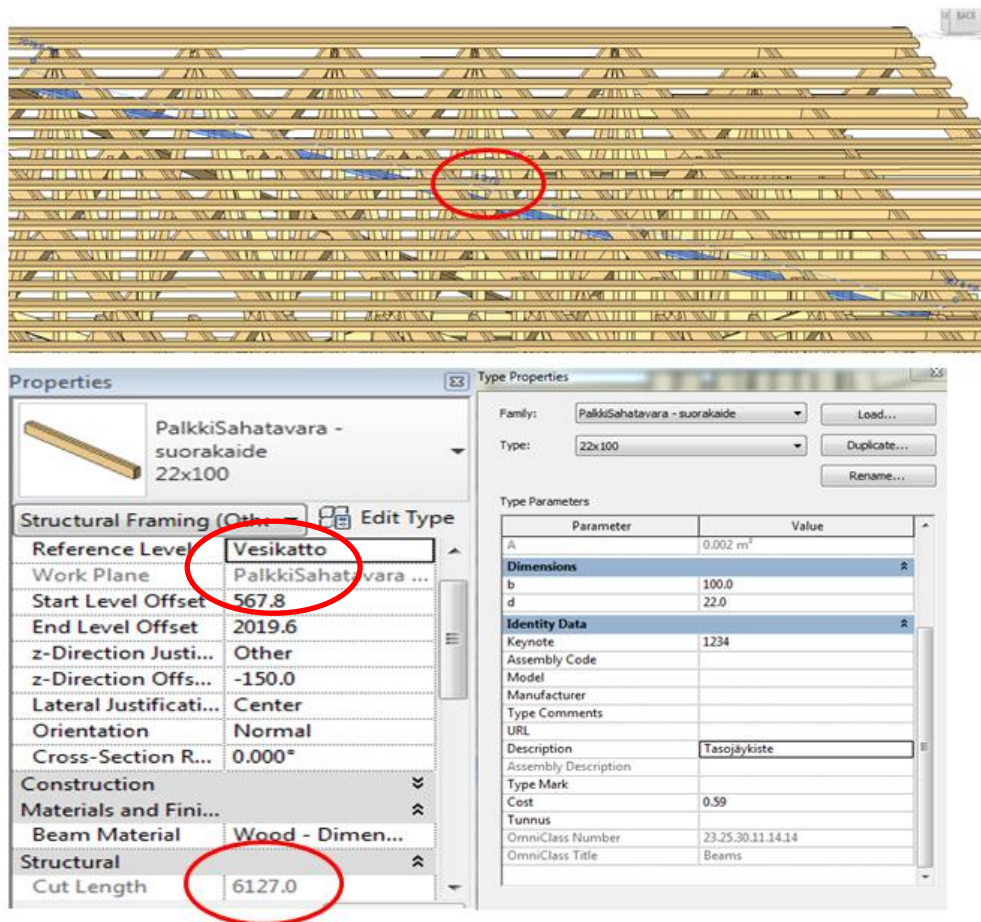
Työvälineiden ja materiaalien hallinta

Materiaalitieto löytyy mallista, ainakin valtaosin runkotöissä (kuva 80).

Työn perustana olevan tiedonhallinta

Piirustusten tulkitseminen, rakennustyömaan vaiheiden tunteminen, jätteiden lajittelu, työmaalla toimiminen

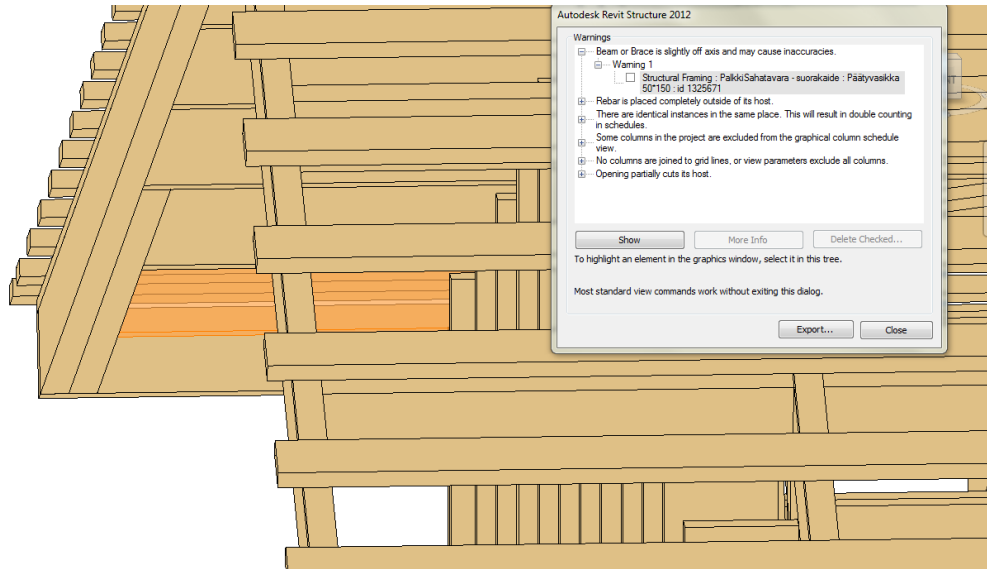
Mahdollisuudet ovat samat kuin Perustustöissä, ”toteutusasiakirjat” löytyvät selostuksia lukuun ottamatta mallista (kuva 80). Tieto löytyy mallista rakennusosan ”takaa”.



KUVA 80. Yläpohjan tasojäkisteen mittatieto ym. materiaalitietoa. Kuva Antti Kolari 2012

Materiaalien ominaisuuksien tunteminen, piirustusten tulkitseminen

Materiaalien ominaisuuksista voidaan liittää tulevaisuudessa tietoa malliin. Rakenteen toiminta voidaan simuloida mallissa niin rakenneteknisesti kuin kosteus-, lämpö- ja ääniteknisesti. Mallin avulla voidaan opetella LVIS-järjestelmien tunteminen. Hukkaa voidaan vähentää ja näin ollen parantaa ”vihreää jalanjälkeä”. Opiskelijan omaan työhön liittyvät tehtävät muiden työmaalla toimivien ammattiryhmien osalta voidaan löytää mallista. Yhteiset rajapinnat on yhdistelmämallissa näppärä tarkastaa. Törmäyksiltä voitaneen välttyä, ainakin niitä on mahdollista ennakoida (kuva 81).



KUVA 81. Varoitus "Päätyvasikan" mahdollisesti aiheuttamasta epätarkkuudesta. Kuva Antti Kolari 2012

Elinikäisen oppimisen avaintaidot

Terveys, turvallisuus ja toimintakyky

Opiskelija voi tarkistaa mallista, liittyykö hänen tehtäväänsä mahdollisesti riskiä turvallisuusmielessä, hahmottaa vieressä ja yläpuolella tapahtuvia toimintoja. Hän voi kävellä virtuaalisesti reitin esimerkiksi taukotilaan. Mikäli työmaan turvallisuussuunnitelma, kuten putoamissuojaus on mallinnettu, voidaan kulkutiet, kaiteet, nosturi ja telineet löytää mallista.

Oppiminen ja ongelmaratkaisu

Materiaalimenekki löytyy mallista helposti, jos malli on tehty oikein. Työmenekit voi lisätä malliin ohjelmasta riippuen. Mallinnusohjelmaan voidaan tehdä laskukaavoja.

Vuorovaikutus ja yhteistyö

Malli muodostaa työmaalla yhteisen kielen, jonka perusteella voidaan sekä liittää oma työ muiden työmaan toimijoiden työhön ja tarvittaessa ottaa oma tehtävää koskeva tieto ulos. Kansainvälistyvässä rakentajajoukossa malli toimii yhteisenä ymmärrettä-

vän kielenä visuaalisuutensa takia. Talonrakentajan näkökulmasta keskeisimmät tietomallintamisen käytön edut on koottu taulukkoon kymmenen.

Taulukko 10. Tietomallin käytön mahdollisuuksia talonrakentajan näkökulmasta

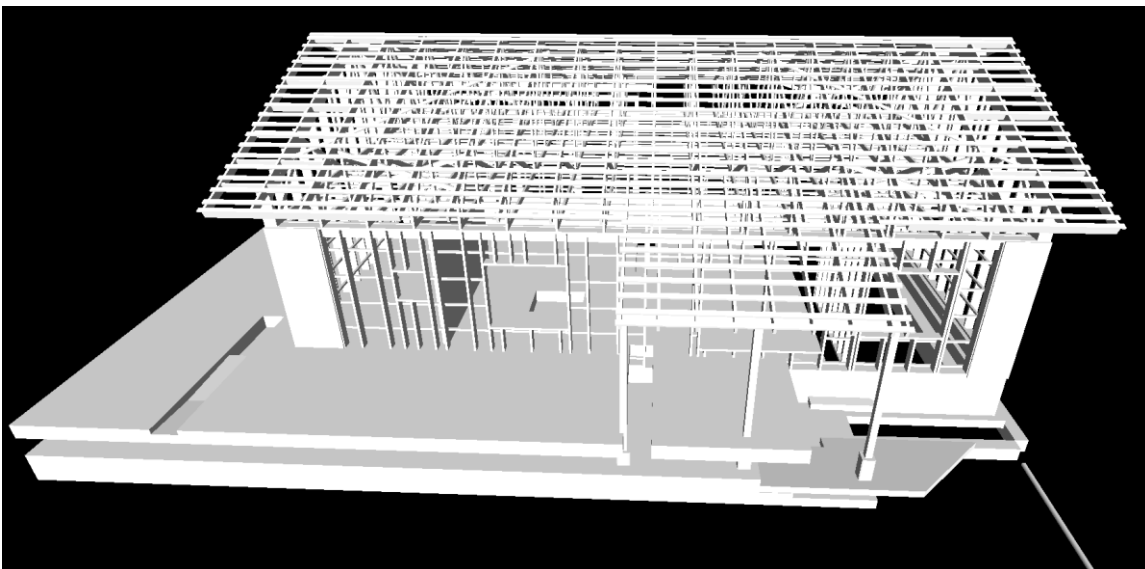
Talonrakentajan tietomalli

- visuaalisuus, havainnollisuus, ennakkoon rakentaminen esim. tehtävän aloituspalaverissa => virtuaalirakentaminen, 2D => 3D
- piirustukset mallista
- liikkuminen mallissa
- yhteinen kansainvälinen "kieli"
- sijainti-, materiaali-, määrä-, mitta- ja dimensiotieto
 - mittatieto takymetriin ja tarkemittatieto takaisin malliin
- (laatutieto, 5D, attribuuttitietona)
- aluesuunnitelma
 - varastot
 - logistiikka, reittien tarkastaminen
 - jätelavat, jätteiden lajittelu
- turvallisuustieto
 - riskien tunnistaminen ja niihin varautuminen
 - kulutiet
 - putoamisuojaus
 - nosturit
 - väliaikaiset asennukset, telineet, nostolaitteet
- muiden ammattiryhmien huomioon otto
 - LVIS-järjestelmät
 - törmäystarkastelut
 - työmenekin laskeminen
 - oman työn suunnittelu
 - aikataulutus, 4D
 - työjärjestys
 - omat värit eri ammattiryhmille
- oppimistavoitteiden asettaminen, seuraaminen ja dokumentointi
- hukan vähentäminen
- kansallinen Talo 2000 -nimikeistön käyttö
- tiedon hakeminen nopeaa ja helppoa (iPAD)

4.2.3 Muita tietomallintamisen etuja talonrakentajalle

Törmäystarkastelu

Tietomallia käytetään Mäen ym. (2009, 10) mukaan risteily- tai törmäystarkasteluihin sekä tilavarausten ja muun geometrinen tarkasteluun ovat yksi keskeinen ja tärkeä hyöty. Solibri ja Navisworks -ohjelmistot (kuva 82) ovat erinomaisia välineitä törmäystarkastelujen tekemiselle. Törmäystarkastelujen avulla voidaan poistaa virheitä työmaan toteutuksesta, tavoitteena on nollavirhe-suunnittelu, virheiden korjaaminen, purkaminen ja uudelleen tekeminen vähenee, aikaa ja kustannuksia säästyy. Turhan työn tekeminen vaikuttaa työn suorittajien, talonrakentajien/opiskelijoiden, asenteeseen ja voi heikentää lopputuloksen laatua. Sitoutuminen tehtävään tapahtuu jo ennen kuin työn fyysistä suoritusta, esimerkiksi tehtävän aloituspalaverissa. Jos tuolloin ei osata ennakoida tehtävään liittyviä haasteita, voi siitä seurata motivaation häviäminen jolloin tehtävän ajalliset, laadulliset ja kustannustavoitteet eivät täyty. Malli ei poista kuitenkaan sosiaalista kanssakäymistä, keskusteluja tavoitteiden asetannasta, malli on loistava apuväline keskustelujen pohjaksi visuaalisuutensa ansiosta. Talonrakentajan käyttöön tietomallin ilmaiskatselohjelmat tuovat edullisen mahdollisuuden, tarvitaan vain tietokone ja nettiyhteys.



KUVA 82. Mallin siirto IFC:nä Revit STR:stä Navisworksiin, tieto ei vielä siirry virheettömästi. Kuva Antti Kolari 2012

Talo 2000 -nimikkeistö

Talonrakentaja voi tarvita Talo 2000 -nimikkeistön mukaista litterointijärjestelmää (kuva 83) vaikkakaan sitä ei tutkinnon perusteiden osaamisvaatimuksissa suoraan esiinny. Useat yritykset edellyttävät, että työntekijät litteroivat tekemänsä työn tunnin tarkkuudella, miksi sitä ei voisi tehdä suoraan malliin attribuuttitietona, jolloin oikein litteroitu työ kohdistuisi oikeaan rakennusosaan ja muodostaisi samalla luotettavaa jälkilaskentatietoa työntekijälle itselleen tulevia haasteita varten ja ennen kaikkea yritykselle ajantasatietoa kilpailukyvystä. Tosin tällä hetkellä rakennusalan yrityksistä osa käyttää Talo 80 -järjestelmän mukaisia sovelluksia litteroinnissaan. Tietomallintaminen tulee muuttamaan litterointijärjestelmät Talo 2000 -nimikkeistön mukaisiksi tiedon tarvitsijan asemasta riippumatta.

Structural Foundation Material Takeoff												
Talo 2000	Rakenne	Materiaalin nimi	Betonin laatu ja ri	Leveys (m)	Pituus (m)	Korkeus (m)	Pinta-ala (m2)	Tilavuus (m3)	Työmenekki (tth/m3)	Yhteensä tth	Työkust (€/tth)	Yht työkust (€/m3)
1211 41	Pilariantura	M21.30 Paikallavalubet	Betoni C25/30-2	0.6	0.6	0.200	0.36	0.07	0.5	0.036	30	1.08

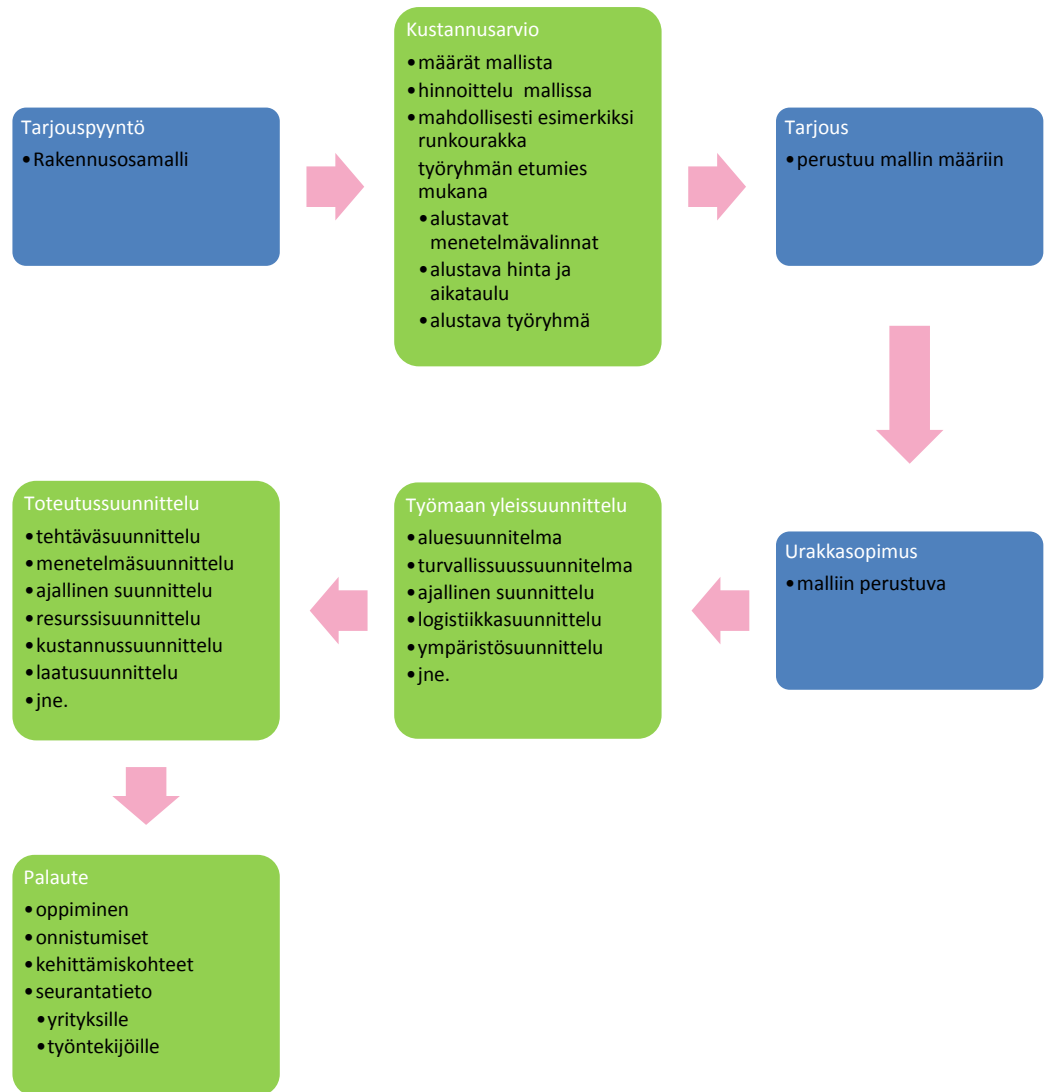
KUVA 83. Taulukko Revit STR:stä jossa Talo 2000 -litterointi ja työmenekin laskenta.
Kuva Antti Kolari 2012

Talonrakentajan rakennusprosessi

Talonrakentaja voi osallistua mallinnettuun (kuva 84, vihreät laatikot) rakennusprosessiin jo kustannusarviovaiheessa, jolloin työurakoista voidaan alustavasti sopia tarjouksen pohjaksi. Tällöin mallista saadaan määrät työurakan hinnoittelua varten ja mallin avulla voidaan havainnollistaa tehtäviä, jolloin hinta saadaan lähemmäksi ”oikeaa” hintaa. Alustavat menetelmävalinnat ja edellytykset voidaan mallintaa. Talonrakentaja voi osallistua työmaan yleissuunnitteluvaiheessa muun muassa koko työmaata koskevien toteutusmenetelmien valintaan joissa voidaan hyödyntää tietomallia esimerkiksi mallintamalla nostokaluston ulottuvuus ja kapasiteetti. Toteutussuunnitteluvaiheessa, kuten tehtäväsuunnittelussa, talonrakentaja voi osallistua esimerkiksi menetelmävalintoihin, turvallisuus- ja laatusuunnitteluun, joissa voidaan hyödyntää mallia, esimerkiksi käyttämällä sen visuaalisuutta tehtävään liittyvien riskein tunnistamisessa. Toteutussuunnitteluvaiheessa laaditaan myös tehtävien työkauppoja varten tarjous, jonka pohjana voidaan käyttää mallista saatavaa määrätietoa. Tarjouksiin ei synny eroa virheellisen määrälaskennan seurauksena, mistä seuraa että saadut tarjoukset ovat myös työurakoiden osalta yhteismitallisia ja vertailukelpoisia. Työura-

kan hinnoittelussa mallia voidaan hyödyntää muun muassa visualisoimalla tehtävän ajoittuminen ja tehtävän toteutusjärjestys. Mallin avulla voidaan tunnistaa mahdolliset ristiriidat suunnittelun ja toteutuksen välillä törmäystarkastelussa, jotka perinteisesti on havaittu vasta sitten kun tehtävä ”tökkää” työmaalla. Toteutuneen työurakan mitaus voidaan tehdä mallin määrillä, joka poistaa yhden turhan mittausvaiheen työmaalta.

Hyvä ja onnistunut tuotannonohjaus sekä fyysinen työn toteutus ei rajoitu ainoastaan tehtävän lopputuloksen arviointiin, vaan oppimisessa hyödynnetään palautetta, josta poimitaan onnistumiset ja kehittämiskohteet. Mallia voidaan käyttää tässäkin apuna, esimerkiksi keskustelun pohjana, mikä liittymä oli hankala, miten sen rakentaminen pitäisi ratkaista tulevaisuudessa, miten tieto voidaan viedä suunnittelijoille ja yrityksen työntekijöistä aina työpäällikköön saakka. Malliin voidaan tallentaa opittu sen jakamista ja jatkokäyttöä varten attribuuttitietona, esimerkiksi missä onnistuttiin ja mitkä ovat todennäköisimmät haasteet seuraavassa työvaiheen toteutuksessa.



KUVA 84. Talonrakentajan osallistuminen tietomallipohjaiseen rakennushankkeeseen

Näyttölaitteet talonrakentajan avuksi työmaille

Työmaalla, talonrakentajan ”mestalla”, tiedonhakuun ja sen käyttöön voisi käyttökel-poinen väline olla tietomalliin liitetty näyttölaitte, esimerkiksi Applen iPad. Laite voisi tunnistaa talonrakentajan sijainnin rakennuksessa kun hän ottaa työmaalla laitteen käteensä ja kirjautuu sisään. Toteutustieto olisi järjestetty niin, että laite näyttää vain talonrakentajalle olennaiset tiedot esimerkiksi muutaman metrin säteellä.

5 POHDINTA

Tässä luvussa tarkastellaan tietomallia ja -mallintamista opettajan näkökulmasta, mallintamisen mahdollisuuksia yleisesti rakentamisessa ja koulutuksessa, ennustetaan tulevaisuutta, esitetään jatkotutkimusmahdollisuuksia, itsearvioidaan tuotos ja arvioidaan tutkimuksen luotettavuutta.

5.1 Tietomallin mahdollisuudet ja haasteet opettajalle

Rakentaminen, oppiminen, opettajuus ja (työ)elämä muuttuvat, muuttuko opettaja? Työelämän vaatimukset kasvavat koko ajan. Opiskelijat tietävät oikeutensa. Opettajan pitää osata käyttää kymmeniä tietokoneohjelmia. Hänen pitää osallistua sosiaalisen median käyttöön. Opettajan pitää pystyä tekemään opetuksesta kiinnostavaa. Uutta tulee koko ajan, jotakin pitäisi osata jättää pois, mutta mitä? Voiko vastuun oppimisesta siirtää aidosti opiskelijalle? Mitä talonrakentajan tulee osata kun hän valmistuu? Mitä ammattitaitovaatimuksia hänen on hallittava, että hän työllistyisi? Tuoko tietomallin tutkiminen suhteessa tutkinnon perusteisiin näihin kysymyksiin vastauksia?

Tietomalli ja sen käyttö opetuksessa ja oppimisessa, yhtenä välineenä tai ympäristönä, antaa talonrakentamisen, ylipäättään rakentamisen oppimiseen aivan uuden ulottuvuuden, mahdollisuuden. Opettaja voi havainnollistaa opetusta irrottamatta sitä kokonaisuudesta, esimerkiksi ottamalla näkymän talon anturasta. Antura liittyy edelleen johonkin, perusmuuriin ja perusmuuri puolestaan rakennukseen. Rakennus voi olla, oppimistavoitteesta riippuen, joko kokonaan näkyvissä taustalla, osittain näkyvissä tai jotakin siltä väliltä. Mikä mahdollisuus!

Tietomalli tietää rakennuksesta jo ennen sen valmistumista. Opettajalle tämä luo mahdollisuuden, jonka käytölle vain mielikuvitus asettaa rajoja. On varsin helppoa ohjata opiskelija selvittämään esimerkiksi keskeiset rakennusosat mallista, mikä edellyttää luonnollisesti, että rakennusosat on mallinnettu. Miten kunkin rakennusosan tehtävä osana rakennusta voidaan esittää? Miten rakennuksen runko voidaan määritellä? Miten rakennusosat liittyvät toisiinsa?

Havaintojen perusteella rakennusalan opettajat eivät hyödynnä Savon ammatti- ja aikuisopistossa tietomallintamisen mahdollisuuksia laajasti. Opettajista vain muutamat käyttävät mallin havainnollisuutta ja muita mahdollisuuksia hyväkseen opetuksessa, muut ottavat vasta ensiaskeleitaan mallintamisen maailmaan. Mallintamisen opettelu vaatii aikaa ja kärsivällisyyttä, pelkkä työnantajan, toivottavasti, järjestämä parin päivän ohjelman käyttökoulutus ei tuo vielä juuri mitään mallintamisesta näkyväksi, ohjelman sillä saa auki. Jotta mallintamisen hyödyt saadaan osaksi jokapäiväistä toimintaa, tulee (lähes) kaikkien opettajien sitoutua mallintamisen käyttöön, siitä tulee muodostua tapa toimia. Voisiko malli olla koulutuksen ”punainen lanka”, jonka ympärille muuta oppimista rakennetaan?

Tietomallintamiseen, kuten ICT-teknologiaan yleensäkin, liittyy erittäin nopea, hallitsematon, kehitys jossa ohjelmistotoimittajien ja rakennusalan toimijoiden edut eivät aina kohtaa. Pohjimmiltaan on kuitenkin kysymys liiketoiminnasta, jossa raha ohjaa toimintaa tavoitteita kohti eikä päinvastoin kuten koulutuksen parissa työskentelevät voi helposti ajatella. Eräs kollega totesi osuvasti: ”onneksi en ehtinyt oppia käyttämään CADia, koska olemme siirtyneet mallintamisen maailmaan”. Nähtäväksi jää, joutuuko (saako) hän opettelemaan mallintamisen hyödyntämisen rakennustuotannon työmaa- ja koulutustehtävissä.

5.2 Mitä BIM voi olla?

Eastmanin (2008, 295) mukaan tulevaisuuden BIM on ylivoimainen, jopa rakennusalan mullistava ratkaisu. Tilaajat vaativat BIMin käyttöä ja toiminnan mukauttamista siihen. BIM vaatii uusia taitoja, samalla syntyy uusia tehtäviä, talonrakentaja voi työllistyä esimerkiksi keilaamaan olemassa olevia rakennuksia, ja entisiä kehitetään. ERP-järjestelmä (sähköinen hankintajärjestelmä) otetaan käyttöön (työn tilaajan käyttämä järjestelmä laajenee rakentamiseen), ympäristöajattelu mahdollistuu, syntyy ”vihreämpiä” rakennuksia. BIMin käyttö laajenee myös työmaille aina toteutusportaan, talonrakentajaan saakka. BIMin käyttöä rajoittaa osaamisen puuttuminen, mikä puolestaan aiheuttaa koulutustarvetta, johon vastataan tällä tutkimuksella. BIM-työkalujen kehittäminen niin koulutuksen kuin työmaan ja talonrakentajan tarpeisiin vastataan muun muassa 3D-katalogeilla. Teollisuudessa tapahtuu globalisoituminen, miten voidaan säilyttää kansallinen kilpailukyky? Rakennustuotteiden esivalmistus lisääntyy, mahdollistuu, rakennustyömaille siirrytään yhä enemmän esivalmisteen asentamiseen, rakentaminen siirtyy tehtaisiin säältä suojaan, siirtyykö talonrakentaja-

kin säältä suojaan? Joustavuus kasvaa, syntyy eri variaatioita toteutustavoista ja -tyypeistä. Oppilaitoksen rakennusprosessia hallitaan paremmin, tarvitaan vähemmän asiakirjoja, tehdään vähemmän virheitä mitä kautta tuottavuus paranee. Kaikkiaan suunnittelu ja toteutus lähentyvät, yhteistyö syvenee. (Eastman 2008, 295; Hardin 2009.) Eastmanin ja Hardinin käsityksiin on helppo yhtyä, ovathan he arvioineet tietomallintamisen kehityssuuntia pari vuotta sitten, joten osa heidän esittämistään väitteistä on jo ehtinyt toteutua.

Rakennusprosessi, joka suunnitellaan ja rakennetaan mallintamalla, on tällä hetkellä vielä kehitysvaiheessa. Tästä syystä kaikilta osapuolilta edellytetään joustavaa ja kehitysmuotoista suhtautumista, avointa mieltä, mallintamista kohtaan. Uusien digitaalisten työvälineiden haltuunotto ja uudenlaisten yhteistoimintatapojen käyttöönotto samanaikaisesti ei tapahdu hetkessä. (Penttilä 2008, 349.) Oppilaitosmaailmassa on perinteisesti suhtauduttu kaikkeen uuteen varauksellisesti, vaikka uusi toisi kuinka hyvää, oikeanlainen viestintä johtamisen välineenä helpottaa tässäkin, malli itsessään on loistava väline markkinoinnissa niin henkilökunnalle kuin opiskelijoille.

Edellytetäänkö jatkuvasti muuttuvassa ja kehittyvässä yhteiskunnassa kouluttautumista vai kouluttamista? Onko yksi merkittävimmistä työelämän asettamista ammattitaitovaatimuksista jatkuvan kehittymisen, elinikäisen oppimisen, vaatimus? Voiko työntekijä edellyttää työnantajaltaan kouluttamista? Nyky-yhteiskunnassa joudutaan työuran aikana usein kouluttautumaan useaan eri ammattiin. Työntekijän on osattava itse ottaa huomion työelämän vaatimusten muuttuminen. Tietomallintamisen osaamisen ja koulutuksen yhdistäminen on tästä yksi konkreettinen esimerkki. Tulevan vuosikymmenen aikana tarvitaan lisää niin mallintamisen kuin sen käytön osaajia. Koulutuksella on keskeinen tehtävä vastata tähän haasteeseen. On järjestettävä opettajille ja opiskelijoille mahdollisuus seurata työelämän osaamistarpeita. Koulutuksen yksi tehtävä ja on myös ennakoida niitä. Koulutuksen järjestäjälle mallintaminen on mahdollisuus, joka tulisi käyttää, koska joku kouluttaa mallintajat ja niiden käyttäjät.

Muuttaako tietomallintaminen myös rakennusliikkeen tuotannossa työskentelevien työn sisältöä ja ammattitaitovaatimuksia? Onko talonrakentajan osattava materiaalien ”mittaus” mallista ja tilaaminen ERP-järjestelmästä iPadin kautta? Seuraako talonrakentaja materiaalivirtoja RFIDin avulla? Ainakin talonrakentajat joista tulee yrittäjiä voivat hyötyä sähköisistä hankintajärjestelmistä. Ylipäänsä minkä kokoisissa hankkeissa mallintamista on taloudellisesti järkevää käyttää? Vai ratkaiseeko hanketyyppi,

uudis-korjausrakentaminen käytön? Avoimia kysymyksiä on vielä valtavasti, aika näyttää mihin päädytään.

5.3 Jatkotutkimus

Jatkotutkimuksella voidaan selvittää muun muassa seuraavia oppilaitosmaailman pedagogisia haasteita: Miten tietomallintaminen muuttaa talonrakentajan ammattitaitovaatimuksia? Miten tietomallia voidaan hyödyntää arvioinnissa, työssäoppimisessa ja sen ohjauksessa? Miten tietomallia voidaan hyödyntää erityistä tukea tarvitsevien opiskelijoiden oppimisessa? Siirtyykö opetus verkkoon sosiaaliseen mediaan? Palveleeko malli verkko-opetusta-oppimista? Mitä malli pitäisi rakentaa jotta se palvelisi opiskelijaa ja hänen oppimistaan? Voiko mallintaminen levitä opiskelija-/työntekijälähtöisesti? Minkälainen on oppilaitoksen malliselostus? Miten mallia voidaan hyödyntää alojen yli? Palveleeko mallipohjainen hanke oppimista?

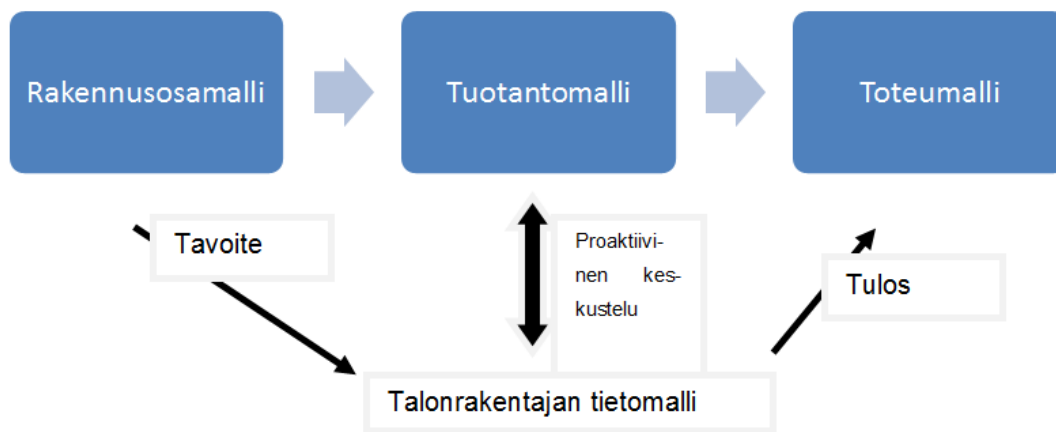
Parhaimmillaan toisen asteen ammatillinen oppilaitos voisi olla kehittämässä tuotantovaiheen tietomallintamista toteuttajan näkökulmasta, voimavarat voisi yhdistää ammattikorkeakoulun kanssa. Kehittämisen alustaksi tarvittaisiin alueellinen hanke, jossa voitaisiin räätälöidä yritysکوhtainen koulutus, onhan yrityksillä varsin erilaisia tarpeita, joillain yrityksillä on TATE ja ylläpito rakentamisen rinnalla. Ensin tulisi tutkia kiinnostaako hanke yrityksiä eli kokevatko ne hyötyvän tuotannon työntekijän tietomallin käyttötaidosta? Työntekijöille voisi suunnata oman kyselyn miten he kokevat mallinnetun prosessin? Vai jätetäänkö mallinnettu hanke nyt kouluttautuvan sukupolven työkaluksi?

Kirjallisuus ja mallintamisen informaatio on erittäin hajanaista, sitä ei ole saatu yksiin kansiin. Yhtenäinen ohjeisto puuttuu, katsotaan mitä vasta julkaistut Yleiset tietomallinnusvaatimukset 2012 tuovat mukanaan. Tietomallintamisvaatimukset vaikuttavat Senaatin ohjeisiin verrattuna käyttökelpoisimmilta (Kuusela 2012). Ohjeita on laajennettu koskemaan energia-analyysijä, tietomallipohjaisen projektin johtamista, tietomallien hyödyntämistä rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana ja tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa. Ohjeiden laajentamisen myötä saadaan vastauksia jo muutamiiin avoinna olleisiin kysymyksiin. Kuka ottaisi aktiivisen roolin tuotannon tietomallintamisen, myös oppilaitosyhteistyön, eteenpäin viemisessä? Olisiko Rakennusteollisuus rakennusliikkeissä ja Rakennusliitto työntekijätasolla avainasemassa mallinta-

misosaamisen kehittämisessä yhdessä oppilaitosmaailman kanssa? Työelämästä tulleet vaatimukset vauhdittavat opetussuunnitelmamuutosta huomattavasti.

BIM ja uusi koulutus

BIMiä tullaan käyttämään koulutuksessa eri asteilla. Toisella asteella talonrakentajaksi opiskelevat luovat BIMin ympärille oman virtuaalimaailmansa, missä sähköisessä ympäristössä haetaan ajasta ja paikasta riippumatta informaatiota rakennuksen toteutukseen liittyvistä teemoista, kuten rakennusosista, niiden liittymistä määristä, ajallisesta funktiosta ja laatuasioista turvallisuutta unohtamatta. BIM muodostaa proaktiivisen toimintamallin talonrakentajalle (kuva 85).



KUVA 85. Talonrakentajan tietomalli opiskelijatasolla

5.4 Itsearviointi

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, minkälainen on talonrakentajan tietomalli. Aluksi tavoitteena oli verrata Rakennusalan perustutkinnon perusteita tietomallintamisen olemassa oleviin mahdollisuuksiin. Tutkimuksen edistyessä huomattiin, että ei ole järkevää rajata työtä vain tutkinnon perusteiden ja tietomallintamisen arviointiin, koska perusta mallintamisen käyttöönotolle jää "valamatta". Tutkimukseen otettiin mukaan koulutuksen järjestäjän (rakennuttajan/tilaajan) ja rakennustyömaan (oppilaitoksen omat rakennustyömaat, joissa opettajat toimivat suunnittelijoina ja työnjohtajina) näkökulmat eli tutkimuksesta lähestytään tietomallintamista prosessinomaisesta näkökulmasta syventäen tutkimusta talonrakentajan (opiskelijan) kannalta. Opettaja voi

roolinsa puolesta toimia oppilaitoksen rakennushankkeessa rakennuttajana, suunnittelijana ja rakennustyömaan työnjohtajana.

Tutkimuksessa onnistuttiin luomaan ”talonrakentajan tietomalli”, jonka avulla oppilaitoksessa voidaan ottaa ensiaskeleet tietomallipohjaisen oppimisympäristön rakentamiseksi. Tutkimus muodostaa läpileikkauksen mallinnetusta rakennusprosessista oppilaitoksen kannalta, toimipa siinä millä tasolla tahansa. Tutkimuksen perusteella on helppo todeta, että mallintaminen on tullut jäädäkseen, haluttiinpa sitä tai ei. Kuitenkin niin oppilaitoksessa kuin rakennusteollisuudessakin on vielä monta avointa kysymystä joihin mallintamisella ei ole vielä voitu vastata. Tämä tutkimus täyttää varmasti yhden aukon avoimista kysymyksistä.

Kirjoittajalle mallintamisen maailma avautui aivan uudella tasolla. Mallintamisen avautumista helpotti opetuksen tueksi tuotettu rakennusosamalli ”talonrakentajan tietomallin” käytännön toteutus mallintamalla. Käytännön mallintaminen toi kriittisen puolen tutkimukseen. Kaikkea ei voi tai kannata vielä nykyisillä ohjelmilla yrittääkään mallintaa, koska esimerkiksi liittymien mallintamiseksi ei ole vielä olemassa riittävästi työkaluja. Kirjoittaja ei luovu mallintamisesta ja sen ”viestinviejänä” toimimisesta tutkimuksen jälkeenkään, joten se kuvanee niin tutkimuksen onnistumista kuin mallintamisen etujakin.

Suurimpana haasteena tutkimuksessa oli olennaisen aineiston löytäminen. Runsaan lähdeaineiston analysoiminen, referoiminen ja jäsentäminen vaativat aikaa ja kärsivällisyyttä. On paljon helpompaa ottaa jokin asia mukaan kuin jättää se perustellusti pois tutkimuksesta. Jäikö jotain olennaista esittämättä? Tutkimuksen ulottaminen koko rakennusprosessin tasolle teki tutkimuksesta osittain toteavan tyyllisen, ehkä pinnallisenkin. Tutkimusmenetelmänä narratiivinen kuvaileva kirjallisuuskatsaus antaa ”insinööritutkijalle” liian paljon vapauksia. Toisaalta vapaudesta on etua, keskeisiä käsitteitä ja teoriataustaa voi sekoittaa tulosten kanssa. Menetelmä ei rajaa tarkasti mitä missäkin osassa tuotosta esitetään, sitä rajoittaa ainoastaan oppilaitoksen käytänteet (vertaa Suhonen & Tenkama 2010.)

5.5 Tutkimuksen luotettavuus

Laadullisen tutkimuksen luotettavuuden arviointiin ei ole olemassa yksiselitteisiä mittareita (Kananen 2010, 71). Tutkimuksessa aineisto jäsennettiin ja lähestyttiin kriittisesti. Aineistona käytettiin luotettavaa kirjallisuutta ja teemaan sopivaa aiempaa tutkimusta. Käytetyn kirjallisuuden ja tutkimuksen laatu varmistettiin vertaamalla lähteitä toisiinsa. Näytti siltä, että tietomallintamisen tutkimus on keskittynyt niin kansallisesti kuin kansainvälisestikin ”yksiin käsiin”. Käytetyn aineiston perusteella näyttää siltä, rakennusalan uusi kehityssuunta toteutuu. Kuitenkin on muistettava, että valtaosa rakennusalan toimijoista ei vielä tiedä mitään tietomallintamisesta, joten soraääniä ei ole juurikaan kuulunut. Kysymyksessä voi olla tilanne jossa toimitaan rakennusosalalle tyypillisellä tavalla, ”tee mitä teet, kyllä se menee kohta ohi, jatketaan niin kuin ennenkin”. Innostus on tarttunut vasta pieneen osaan eteenpäin pyrkiviä toimijoita.

Tutkija muodosti käsityksen tietomallintamista käytetyn lähdeaineiston perusteella, ja toi oman osaamisensa mukaan tutkimukseen. Kuitenkin tutkimus ja sen tulokset ovat kirjoittajan subjektiivinen mielipide tietomallintamisesta, tutkimuksen kohteena olevassa toisen asteen ammatillisessa koulutuksessa tutkimuksen luotettavuutta ja käytettävyyttä sekä yleistettävyyttä, ei varmistettu, se jää jatkotutkimuksen tehtäväksi. Vaikka tutkimuksessa ongelmaa lähestytään tietomallintamista objektiivisesti, on käytetty aineistoa ja tutkijan oma kiinnostus voinut ohjata tuloksia liian optimistiseen suuntaan.

Tutkimusaineiston perusteella saatiin muodostettu luotettava käsitys siitä, mitä tietomallintaminen voi parhaimmillaan rakennusalan perustutkinnossa olla. Mallintaminen voi pisimmälle vietyinä tarkoittaa tulosten perusteella sitä, että kaikki rakennusprosessiin osallistuvat hyödyntävät yhtä ”täydellistä” mallia. Kuitenkin milloin ”täydellinen” malli saadaan aikaiseksi, jää arvailujen varaan. Arvauksia on esitetty viidestä kymmeneen vuoden sisään. Tutkimuksessa saatiin osoitettua, että tietomallista on hyötyä myös talonrakentajalle niin opintojen suorittamisen kuin työelämänkin aikana, perustuu näkemys kirjoittajan omaan tulkintaan. Voihan olla, että katsotaan tarpeelliseksi rajata mallintaminen ja sen käyttö vain toimihenkilöiden työkaluksi rakennustyömailla.

Mallintamisessa on vielä paljon ratkaisemattomia haasteita ”ylätasolla”, ne tulee ratkaista ensin, jotta voidaan käyttää samaa mallia kaikilla tasoilla. Juuri yhden mallin järjestelmä voi olla kompastuskivi mallintamisen ottamiseksi käyttöön. On vielä työ-

lästä tehdä malli siten kuin rakennus aiotaan rakentaa. Oltiinko valmiita, mallintaminen on tullut?

KÄSITTEET

3D-malli	Kolmiulotteinen tietomalli.
4D	3D +aika.
5 D	4D + kustannukset.
6 D	5D + laatu (ei vielä käytössä).
nD	Malli, jossa käsitellään muutakin tietoa kuin geometriaa.
CAD	Computer Aided Design. Tietokoneavustettujen suunnittelu.
IFC	Industry Foundation Classes - tiedonsiirtomuoto.
Opetussuunnitelma	Tutkinnon perusteista johdettu opetuksen perustan luova asiakirja.
Objekti- / Tuotekirjasto	Työkalu, johon on koottu ohjelmistoissa käytettäviä objekteja.
Olio	Synonyymi sanalle objekti. Tiettyä asiaa kuvaavien tietojen kooste, jota sovelluksissa käsitellään yhtenä kokonaisuutena. Oliopohjaisessa mallintamisessa tai tietomallintamisessa asioita kuvataan olioilla, joilla on ominaisuuksia sekä yhteyksiä toisiin olioihin.
Projektipankki	Verkossa toimiva järjestelmä, johon hankkeen osapuolet voivat koota dokumentit.
RFID-tunniste	Radio Frequency Identification. Radiotaajuustunniste.
Tietomalli	Todellista kohdetta kuvaava malli, jossa rakenteet sekä materiaalit on mallinnettu todellisuutta vastaavaksi.
Tietomallipalvelin	Keino tallentaa rakennuksen tietomalli yhteen loogiseen sijaintipaikkaan siten, että eri sovellusohjelmat voivat hyödyntää mallia ilman, että itse malli joudutaan kopioimaan järjestelmästä toiseen.
Toteutusmalli	Tuotantomalli suunnitteluvaiheen ratkaisusta.
Toteumamalli	Tuotantomalli toteutuneesta rakentamisesta.

Tuotantomalli	Skanskan käyttämä termi rakennustyömaiden toteutus- ja toteutusmalleille. Vertaa 4D-malli.
Tutkinnon peruste	OPH:n määräys, jossa on päätetty tutkinnon ja koulutusohjelmien tavoitteet, tutkinnon muodostuminen, tutkinnon osien ammattitaitovaatimukset tai tavoitteet, tutkinnon osien arvioinnin kohteet ja arviointikriteerit sekä ammatillisten tutkinnon osien osalta myös ammattitaidon osoittamistavat.
Talonrakentaja	Ammattinimike jota rakennusalan perustutkinnon, talonrakentajan koulutusohjelman suorittanut voi käyttää.
Oppiminen	Vuorovaikutteinen tapahtumien ketju, jossa oppija muuntaa kokemuksiaan siten, että hänen tiedoissaan, taidoissaan ja asenteissaan tapahtuu pysyviä muutoksia.
Osaaminen	Opitun osoittamista käytännössä.
Ammattitaito	Pysyvä tekemisvalmius, joka edellyttää harjaantumisen lisäksi tietoja.
Tutkinnon osa	Jokin työelämän toiminta- ja tehtäväkokonaisuus esimerkiksi Perustyöt.
BIM	Building Information Model. Rakennuksen tietomalli.
Talo 2000 -nimikkeistö	Standardisoitu rakennushankkeen tiedon erittelytapa.
Elinikäisen oppimisen avaintaidot	Valmiudet, joita jatkuva oppiminen, tulevaisuuden ja uusien tilanteiden haltuunotto sekä työelämän muuttuvat olosuhteet edellyttävät.

KUVIEN JULKAISULUVAT

Danielsen, S. W. lupa 6.2.2012

Ikonen, A. lupa 3.2.2012

Hietanen, J. lupa 21.3.2012

Koppinen, T. lupa 6.2.2012

Partanen, M. lupa 6.2.2012

Penttilä, H. lupa [www-sivuilla](#) 7.4.2009

Rajala, M. lupa 4.2.2012

Valjus, J. lupa 4.2.2012

LÄHTEET

Aalto, A. 2009. IFC-viewerprogram. *ArchiMAG Dagens information om it inom ygg-nadsindustrin* [verkkajulkaisu]. 2009 nro 2, 11. [Viitattu 10.2.2012]. Saatavissa: http://www.graphisoft.se/Files.aspx?f_id=40286

Aho, O. 2010. Todellinen tietomallien käyttö vielä kaukana. *Rakennuslehti*. 2010 nro 16, 10.

Ahonen, A. 2010. RYM Oy:n ensimmäinen tutkimusohjelma käynnistyy. *Rakennustaito*. 2010 nro 3, 8.

Anttonen, M. 2008. *IFC-tietomallin mukaisen tiedon jäsentäminen, käsittely ja siirto*. Lappeenranta: Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Teknistaloudellinen tiedekunta, tietotekniikan osasto. Diplomityö.

Appelqvist, J. 2011. Tietomallit tuotannon kokonaisohjauksen työkaluna. Vico Software. Tietomallintamisen käyttöönotto-koulutus. Espoo Dipoli 2010. Luentomateriaali.

Archicad tuotemallintamisohje [viitattu 15.4.2011]. 2007. Saatavissa : <http://www.mad.fi/>

BuildingSMART Finland. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 [verkkajulkaisu] [viitattu 30.3.2012]. Saatavissa: <http://buildingsmart.fi/8>

Danielsen, S.W. 2007. *International perspective on BIM Building Information Modeling. Experiences Internationally and in Norway* [verkkodokumentti]. SINTEF Byggforsk, Norway. Launching the Icelandic Construction Technology Platform at Grand Hotel Reykjavik [viitattu 12.12.2010]. Saatavissa: http://www.mannvirkjastofnun.is/library/Skrar/Byggingarsvid/ICTP/Stofnfundur/international_perspective_on_bim3%2013_40.ppt

Eastman, C, Teicholz, Paul, Sacks, R & Liston, K. 2008. BIM Handbook-A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineering's and Contractors. John Wiley & Sons, Inc.

Granholm, L. 2010. Todellinen tietomallien käyttö vielä kaukana. *Rakennuslehti*. 2010 nro 16, 10.

Haahtela-kehitys Oy. 2008. Yleisseloste. Talo 200 -nimikkeistö. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Haapasalo, H & Merikallio, L. 2009. *Projektituotantojärjestelmän strategiset kehittämiskohteet kiinteistö- ja rakennusalalla* [verkkojulkaisu]. Yhteistyöraportti. Espoo. Rakennusteollisuus RT ja LCI Finland [viitattu 29.2.2011].. Saatavissa: <http://tuta.oulu.fi/lean%20kehitysprojektin%20raportti%20final.pdf>

Haatanen, R. 2009. *Vantaan LVI-yhdistys 20 vuotta -lehti*. 2009

Hardin, B. 2009. *BIM and Construction Management. Prove Tools, methods, and Workflows*. Wiley Publishing, Inc. Indianapolis, Indiana. Canada.

Harmanen, M. 2010. Betonielementtikohteiden tietomallipohjainen suunnitteluprosessi. *Betoni-lehti*. 2010 nro 1, 50–52.

Hietanen, J., 2005. *Tietomallit ja rakennusten suunnittelu*. Filosofinen selvitys tieto- ja viestintätekniikan mahdollisuuksista. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Hirsjärvi, S, Remes, P & Sajavaara, P. 2009. *Tutki ja kirjoita*. Helsinki: Tammi.

Hyypä, S. 2009. *Tietomallintaminen suunnitteluassistenttikoulutuksessa*. Hämeenlinnan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Häkämies, R., Itäaho, S., Kovanen, T., Käpyaho K. & Siren C. 2007. *Tietomallintaminen HUSissa*. Helsinki: Teknillinen korkeakoulu. Opinnäyte.

IAI. 2006. Industry Foundation Classes, IFC2x Edition 3. [verkkodokumentti] [viitattu 14.12.2011]. Saatavissa: <http://www.iai-international.org/>

Ikonen, A. 2010. Enterprixen mallipalvelin ja Leppävaaran Tornin 4D-tuotantomalli. Enterprix. Tietomallintamisen käyttöönotto-koulutus. Espoo Dipoli 2011. Luentomateriaali.

Joala, V. 2006. Laserkeilauksen perusteita ja mittauksen suunnittelu [verkkojulkaisu].
li. Leica Nilomark Oy [viitattu 15.11.2011]. Saatavissa: www.leica.fi

Järvensivu, P. 2011. Rakentamisen mallintaminen. Velvollisuudet, vastuut ja oikeudet. Asianajotoimisto Susiluoto Oy. Tietomallintamisen käyttöönotto-koulutus. Espoo Dipoli 2010. Luentomateriaali.

Kallio, T.J. 2006. *Teoreettinen tutkimus ja liiketaloustieteet [verkkodokumentti]*. Turun kauppakorkeakoulu, Porin yksikkö [viitattu 27.11.2010]. Saatavissa: http://lta.hse.fi/2006/4/lta_2006_04_a5.pdf

Kananen, J. 2010. *Opinnäytetyön kirjoittamisen käytännön opas*. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Jyväskylä.

Karppinen, A. 2010. Tietomallintamisen prosessista projektinjohtourakoitsijan näkökulmasta. Lemminkäinen Talo Oy. Tietomallintamisen käyttöönotto-koulutus. Dipoli. Espoo. Espoo Dipoli 2010. Luentomateriaali.

Kiviniemi A., Fischer, M. & Bazjanac, V. 2005. *Integration of Multiple Product Models: IFC Model Servers as a Potential Solution*. [verkkodokumentti] [viitattu 20.2.2010]. Saatavissa: <http://itc.scix.net/data/works/att/w78-2005-KN-w2-1-Kiviniemi.pdf>

Kiviniemi, A, Rekola, M, Belloni, K, Kojima, J, Koppinen, T ja Mäkeläinen, T, Kulujärvi, H & Hietanen, J. 2007. *Suunnittelun ohjeisto. Rakennuksen tietomallinnus BIM* [verkkojulkaisu]. Senaatti kiinteistöt [viitattu 12.4.2010]. Saatavissa: http://www.senaatti.fi/tiedostot/Tietomalli_2007_Osa1_Yleinen_osuus.pdf

Koppinen, T. 2010a. Tietomallintamisen osaamiskartta ja konseptit. Tietomallintamisen käyttöönotto-koulutus. Espoo Dipoli 25.–26.11.2010. Luentomateriaali.

Koppinen, T. 2010b. Tietomallintamisen käyttökokemuksia Suomessa ja muualla. Tietomallintamisen käyttöönotto-koulutus. Espoo Dipoli 25.–26.11.2010. Luentomateriaali.

Krygiel, E & Nies, B. 2008. *Green BIM-Successful sustainable Design with Building Information Modeling*. Wiley Publishing Inc.

Kurttila, M. 2007. Tieteelliset tutkimusmenetelmät ja tutkielman laatiminen [verkkodokumentti]. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Proseminaarin luentomateriaali [viitattu 29.2.2011]. Saatavissa: www.uef.fi

Kuusela, V. 2008. *CAD-pohjaisesta rakennusten suunnittelusta tietomallipohjaiseen rakennusprosessiin*. Kuopio: Kuopion yliopisto. Tietojenkäsittelytieteen laitos. Pro gradu -tutkielma.

Kuusela, Viljo 2012. Lehtori. Savonia-ammattikorkeakoulu. Tekniikka ja liikenne, Kuopio 27.3.2012. Ohjauskeskustelu.

Kuusiola, S. 2010. Tietomallipohjainen määrä- ja kustannuslaskenta. Tocoman Oy. Tietomallintamisen käyttöönotto-koulutus. Espoo Dipoli 2010. Luentomateriaali.

Laine, T. 2008. *Tuotemallintaminen talotekniikkasuunnittelussa*. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Lehtinen, S. 2006. *Tietomallien hyödyntäminen rakennesuunnittelijan rajapinnoissa*. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan osasto. Rakennustuotannon ja -talouden laitos. Diplomityö.

Mannila, M. 2011. Pörssiyritys Tekla vaihtaa omistajaa. *Rakennuslehti*. 2011 nro 18, 15.

M-Mies Oyn www-sivut [viitattu 10.2.2012]. Saatavissa: <http://www.mmies.fi/>

Miinalainen, O. 2010. *Tietomalli rakentamisessa ja talotekniikassa (TIRTA)-projekti* [verkkosivut]. Savonia-ammattikorkeakoulu, tekniikka [viitattu 29.2.2011]. Saatavissa: <http://dmkk.savonia.fi/tirta/>

Mäkelä, H. Miten tietomalli tulee muuttamaan urakoitsijoiden ja suunnittelijoiden tapaa toimia [viitattu 15.11.2011]?. Innegeo Oy: InraTM projekti. Esitelmä. Saatavissa: http://www.rts.fi/infrabim/infra_tm_hanke_lyhyesti.htm

Mäkeläinen, T. 2007. Senaatti-kiinteistöt Tietomallivaatimukset 2007-Arkkitehtisuunnittelu. VTT. Saatavissa:

http://www.senaatti.com/tiedostot/Tietomalli_2007_Osa3_Arkkitehtisuunnittelu_1-02.pdf

Niiniluoto, I. 1996. *Informaatio, tieto ja yhteiskunta*. Filosofinen käsiteanalyysi. 5. täydennetty painos. Helsinki: Edita.

Opetusministeriö. Koulutus- ja tiedepolitiikan osasto. 2010. *Koulutuksen ja tutkimuksen tietoyhteiskuntakehittäminen* [verkkodokumentti]. Valmisteluryhmän väliraportti. [viitattu 1.2.2012]. Saatavissa: <http://www.minedu.fi/OPM/Koulutus/Liitteet/tietoyhteiskuntakehittaminen.pdf>

Partanen, M. 2010. Tietomallit rakennushankkeessa. Lemminkäinen Talo Oy. Tietomallintamisen käyttöönotto-koulutus. Espoo Dipoli 2010. Luentomateriaali.

Penttilä, H. 2008. *Rakennushankkeen osapuolten vaatimukset tietomalleille. Tietomallihankkeen osapuolten kelpoisuusedellytykset*. Rakentajan kalenteri 2008. Rakennustieto Oy.

Penttilä, H., Nissinen S. & Niemioja S. 2006a. *Tuotemallintaminen rakennushankkeessa, yleiset periaatteet*. Rakennustieto Oy.

Penttilä, H., Nissinen S. & Niemioja S. 2006b. *Tuotemallintaminen arkkitehtisuunnittelussa, yleiset periaatteet*. Rakennustieto Oy.

Penttilä, H. 2009. Mikä tekee suunnitteluprojektista BIM-projektin [verkkodokumentti] [viitattu 10.1.2012]. Saatavissa: http://www.mittaviiva.fi/hannu/BIM_project/index_bim_basics.html

Rajala, M. 2010a. Tietomallintamisen perusteet. Tietoa Finland Oy. Tietomallintamisen käyttöönotto-koulutus. Espoo Dipoli 2010. Luentomateriaali.

Rajala, M. 2010b. Yhteispeli. Tietoa Finland Oy. Tietomallintamisen käyttöönotto-koulutus. Espoo Dipoli 2010. Luentomateriaali.

Rajala, M. 2010c. Tietomallintaminen korjausrakentamisessa ja inventointimalli. Tietoa Finland Oy. Tietomallintamisen käyttöönotto-koulutus. Espoo Dipoli 2010. Luentomateriaali.

Opetushallitus. 2009. Rakennusalan perustutkinto. Ammatillisen perustutkinnon perusteet [verkkodokumentti]. Määräys 35/011/2009 [viitattu 29.2.2011]. Saatavissa: www.oph.fi

Rakennustieto Oy. 2012. COBIM Senaatti-kiinteistöjen mallintamisohjeiden laajentamis- ja päivittämishanke [verkkosivut] [viitattu 30.30.2012]. Saatavissa: <http://www.rakennustieto.fi/cobim/>

Rautiainen, A. 2010. Tuotantomalli on hyvä nimi Manskun Rastin mallinnukselle [viitattu 1.2.2012]. *Rakennuslehti*. 2012 nro 6. Saatavissa: <http://www.rakennuslehti.fi/lehtiarkisto/article.html?id=27540>

RFIDLab Finland ry:n www-sivut [viitattu 20.3.2011]. Saatavissa: <http://www.rfidlab.fi/nfc>

Romo, I. 2004. Tuotemallipohjainen tiedonhallinta [verkkosivut] . Rakennusteollisuus RT ry:n ProIT-hanke [viitattu 15.11.2010]. Saatavissa: <http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/>

Romo, I. 2010. BIM on täyttämässä odotukset. *Rakennuslehti*. 2010 nro 31, 2.

RT 10–10992 Tietomallinnettava rakennushanke 2010. Ohjeita rakennuttajalle. Helsinki: Rakennustieto.

Salminen, A. 2011. *Mikä kirjallisuuskatsaus?* Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyypeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin [viitattu 30.3.2012]. Vaasan yliopiston julkaisuja. Vaasa. Saatavissa: http://www.uwasa.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf

Salminen, J. 2010. BIMiin asetettu liikaa odotuksia. *Rakennuslehti*. 2010 nro 29, 2.

Salonen, A. 2010. Pre-hankkeen www-sivut [viitattu 10.11.2011]. RYM Oy. Saatavissa: <http://www.rym.fi/tutkimusohjelmat/PRE/>

Samuelson, O. 2008. *The It-Barometer – A Decade's Development Of It Use In The Swedish Construction Sector* [verkkojulkaisu]. Department of Management and Organisation, Swedish School of Economics and Business Administration. Helsinki. Finland [viitattu 26.10.2010]. Saatavissa:

http://www.itcon.org/data/works/att/2008_1.content.07095.pdf

Savon koulutuskuntayhtymä 2010. *Vuosikertomus* [verkkojulkaisu]. Kuopio [viitattu 29.1.2012]. Saatavissa: <http://www.sakky.fi/index.asp?link=828&menupath=244>

Savon koulutuskuntayhtymä 2009. Toimintasuunnitelma. Kuopio.

Savonia-amk www-sivut [viitattu 15.2.2012]. Saatavissa: <http://www.savonia.fi>

Silius, K. 2005. Sisällön analyysi [verkkodokumentti] [viitattu 10.11.2011]. Saatavissa: http://matwww.ee.tut.fi/hmopetus/hmjatkosems04/liitteet/JOS_hypermedia_Silius150405.pdf

Siren, K. VTT:n pääjohtaja Erkki KM Leppävuori kritisoi rakennusalan tuotekehitystä. *Rakennuslehti*. 2012 nro 9, 6.

Skanska Oy/Koppinen, T. 2010a. Tietomallintamisen osaamiskartta ja konseptit. Tietomallintamisen käyttöönotto-koulutus. Espoo Dipoli 25.–26.11.2010. Luentomateriaali.

Skanska Oy/Koppinen, T. 2010b. Tietomallintamisen käyttökokemuksia Suomessa ja muualla. Tietomallintamisen käyttöönotto-koulutus. Espoo Dipoli 25.–26.11.2010. Luentomateriaali.

Suhonen, P. & Tenkama, P. 2010. Raportointiohjeet. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu.

Syrjänen, E. 2012. *Opiskelijat urakoivat laajan rakennushankkeen tietomallien avulla*. Rakennustaito. 2012 nro 1, 26–27.

Tekes. 2007. Tietoverkottunut rakennusprosessi [verkkosivut]. Vera-hanke [viitattu 20.2.2010]. Saatavissa: <http://cic.vtt.fi/vera/suomi.htm>

Tuomi, J & Sarajärvi, A. 2009. *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Helsinki: Tammi

Valjus, J. 2011. BIM-tietomallintamisen prosessit. FMC-Group. Tietomallintamisen käyttöönotto-koulutus. Espoo Dipoli 2010. Luentomateriaali.

Valjus, J., Varis, M., Penttilä, H. & Nissinen S. 2007. *Tuotemallintaminen rakennesuunnittelussa*. Rakennusteollisuus RT ry, Rakennustietosäätiö RTS Rakennustieto Oy, Tampere: Tammer-Paino Oy.

Vilkka, H. 2005. Tutki ja kehitä. Helsinki: Tammi.

Woodward, C.2010. Projekti AR4BC – Lisätty todellisuus rakennustyömaalla [esittelyaineisto]. VTT [viitattu 10.3.2011]. Saatavissa:

http://virtual.vtt.fi/virtual/proj2/multimedia/projects/AR4BC_Intro.pdf

TAUSTA-AINEISTO

Belloni, K. 2007. *Senaatti-kiinteistöt Tietomallivaatimukset 2007 – Lähtötilanne*. VTT. Saatavissa:

http://www.senaatti.com/tiedostot/Tietomalli_2007_Osa2_Lahtotilanne.pdf

Brax, J. 2010. *Rakentaminen ja innovaatiot*. RIL 257-2010. Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry. Saarijärvi.

Eastman (B), C. 1999. *Building Product Models: Computer Environments Supporting Design and Construction*. CRC Press LLC.

Deutsch, R. 2011. *BIM and Integrated Design*. AIA. LEED AP. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey. United States of America.

Hallikainen, T. 2006. *Maatalouden tuotantorakennusten komponenttien mallinnus Lujabetoni Oy:lle*. Savonia-ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Talonrakennustekniikka. Kuopio. Insinööritöy.

Hietanen, J. 2007. *Senaatti-kiinteistöt Tietomallivaatimukset 2007 – Määrälaskenta*. TocoSoft Oy. Saatavissa:

<http://www.senaatti.com/document.asp?siteID=1&docID=546>

Hölttä, J. 2009. *Tietomallipohjainen määrä- ja kustannuslaskenta*. Savonia-ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Talonrakennustekniikka. Kuopio. Opinnäytetyö.

IAI. 2000. Industry Foundation Classes - Release 2x IFC Technical Guide [verkkodokumentti]. Enabling Interoperability in the AEC/FM. Saatavissa:

<http://www.iai-international.org/>

IAI. 2004. Modelling Support Group. IFC 2x Edition 2 Model Implementation Guide. [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.iai-international.org/>

IAI. 2007. Modeling Support Group. Nisbet. ifcXML Implementation Guide Version 2.0. [verkkodokumentti]. Saatavissa:

http://www.iai-tech.org/products/ifc_specification/ifcxml-releases/

Jauhinainen, J. 2010. Solibri [verkkolehti] 2010 nro 1. Saatavissa:

<http://www.solibri.com/news/suomenkielinen-solibri-magazine-1-2010-on-julkaistu.html>

Karstila, K. 2004. *Rakennusten tuotemallintamisen sanasto* [verkkosivut] . Rakennusteollisuus RT ry:n ProIT-hanke. Saatavissa: <http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/>

Kiviniemi, A. 2005. *Requirements Management Interface to Building Product Models*. Stanford University, Civil and Environmental Engineering Department, USA. Väitöskirja. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/>

Koppinen, T. 2007. *Senaatti-kiinteistöt Tietomallivaatimukset 2007 – Rakennesuunnittelu*. VTT. Saatavissa: http://www.senaatti.com/tiedostot/Tietomalli_2007_Osa5_Rakennesuunnittelu.pdf

Kulusjärvi, H. 2007. *Senaatti-kiinteistöt Tietomallivaatimukset 2007 – Laadunvarmistus ja tietomallien yhdistäminen*. Solibri Oy. Saatavissa: http://www.senaatti.com/tiedostot/Tietomalli_2007_Osa6_Laadunvarmistus_versio1_02.pdf

Kuusi, I. 2004. *Tuotetiedon käyttäminen mallinnusprosessissa -case tutkimus*. Savonia-ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Tuotesuunnittelu. Kuopio. Insinööritöy.

Laakko, T., Sukuvaara, A., Borgman, J., Simolin, T., Björkstrand, R., Konkola, M., Tuomi, J. & Kaikonen, H. 1998. *Tuotteen 3D-CAD-suunnittelu*. Werner Söderström Oy.

Metsämuuronen, J. 2008. *Laadullisen tutkimuksen perusteet*. Metodologia –sarja 4. Jyväskylä: Gummerus.

Myllymäki, H. 2008. *Custom componenttien kehittäminen jännitettyjen- ja teräsbetonisiltojen mallintamiseen*. Savonia-ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Talonrakennustekniikka. Kuopio. Opinnäytetyö.

Mäntylä, M. 1988. *An Introduction to Solid Modelling*. Computer Science Press.

Naukkarinen, P. 2009. *Opetussuunnitelman laatiminen ja oppimisympäristön luominen Perustustyöt-tutkinnonosaa*. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Paajanen, N. 2009. *Uudiskohteen tietomallintaminen tietomallinnusohjelmien käyttöönotto rakennussuunnittelussa*. Savonia-ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Ylempi AMK tutkinto. Kuopio. Opinnäytetyö.

Posti, J. 2011. *Suunnitteluryhmän johtaminen tietomalliprojektissa*. Pääsuunnittelijan näkökulma. FMC-Group. Tietomallintamisen käyttöönotto-koulutus. Espoo Dipoli 2011. Luentomateriaali.

Rekola, M. 2007. *Senaatti-kiinteistöt Tietomallivaatimukset 2007 – Talotekniikka-analyysit*. VTT. Saatavissa:

http://www.senaatti.com/tiedostot/Tietomalli_2007_Osa9_TATE-analyysit.pdf

Salonsaari, M. 2007. *Tarveselvitys 5D-projektituotantotyökalun käytölle tieliikelaikotessa*. Savonia-ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Talonrakennustekniikka. Kuopio. Insinöörityö.

Savander-Ranne, C & Kolari, S. *Innovatiiviset opetusmenetelmät insinöörikoulutuksessa*. Tampereen Ammattikorkeakoulu ja Helsingin Ammattikorkeakoulu.

Seitola, T, Tarvainen, V & Hyyti, H. 2007. *Oppimistyylin yhteys oppimiseen*. Raportti.

Saatavissa: http://www.hyyti.fi/materiaali/070312_tutkielma_aihe6.pdf

Senaatti-kiinteistöt. 2007. *Tietomallivaatimukset 1.10.2007 alkaen – Tietomallipohjaiset tiedot suunnittelu- ja rakentamisprosessin eri vaiheissa*. Saatavissa:

http://www.senaatti.com/tiedostot/Mallipohjainen_prosessi-v1_17092007.pdf

Seppänen, V. 2004. *Konstruktivinen tutkimus*. Luentomateriaali. Saatavissa:

<http://www.tukkk.fi/tjt/TUTKIMUS/seminaari/abstr-konstr.htm>

<http://www.metodix.com>

Sundström, K., Kallionpää, E., Teriö, O., Tolonen, T. & Väisälä, P. 2008. *Rakennustyömaan toimitusten ohjaus ja materiaalinhallinta*. Tampereen teknillinen yliopisto.

Törmänen, E. 2011. Rakentaminen pois työmailta. *Tekniikka ja Talous*.

Vepsäläinen, A. 2008. *Autodesk Revit Structuren toiminnallisuuden tarkastelu rakennesuunnittelussa*. Savonia-ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Talonrakennustekniikka. Kuopio. Opinnäytetyö.

Weygant, R. 2011. *BIM Content Development*. Wiley. New Jersey. United States of America.

Rakennusalan perustutkinnon perusteita

1 RAKENNUSALAN PERUSTUTKINTO. AMMATILLISEN TUTKINNON PERUSTEET. 2009.

Seuraavassa on suoraa lainausta tutkinnon perusteista.

1.1 Rakennusalan perustutkinnon tavoitteet ja muodostuminen

Rakennusalan perustutkinnon tutkinnon perusteet ovat uusiutuneet vuonna 2009. Ammatillinen perustutkinto voidaan suorittaa ammatillisena peruskoulutuksena tai näyttötutkintona. Perustutkinnon perusteisiin sisältyvät sekä opetussuunnitelman perusteet että näyttötutkinnon perusteet. Rakennusalan perustutkinnon voi suorittaa neljässä eri koulutusohjelmassa: talonrakennuksen, maa-rakennuksen, maanrakennuskoneen kuljettajan tai kivialan koulutusohjelmassa.

1.1.1 Rakennusalan perustutkinnon tavoitteet tietomallintamisen näkökulmasta

Rakennusalan perustutkinnon suorittaneella talonrakentajalla on monipuolinen ammattitaito ja hän kehittää sitä jatkuvasti. Hän pystyy näkemään työnsä osana suurempia tehtäväkokonaisuuksia ja pystyy ottamaan huomioon lähialojen ammattilaisten (kuten TATE) tehtävät omassa työssään. Rakennusalan ammattilainen tekee työnsä rakennusalan laatuvaatimusten mukaisesti sekä käsittelee materiaaleja huolellisesti ja taloudellisesti. Hän osaa suunnitella työnsä piirustuksien [tai tulevaisuudessa tietomallien] avulla, osaa tehdä materiaali- ja työmenekkilaskelmia sekä hän osaa esitellä ja arvioida omaa työtään suhteessa tavoitteisiin. (OPH 2009.)

Rakennusalan perustutkinnon suorittanut talonrakentaja osaa lukea sekä talonrakentamiseen että maarakentamiseen liittyviä piirustuksia [tai tietomalleja]. Hänellä on mittaustöissä ja rakennustyömaan laskentatehtävissä tarvittavat matemaattiset valmiudet. Laaja-alaisten elinkaari palvelumallien yleistyessä rakennusalan yrityksissä, rakennusalan ammattilaisen on toimittava erilaisissa vuorovaikutustilanteissa yhteistyökykyisesti sekä ilmaistava näkökantoja selkeästi ja luottamusta herättäen. (OPH 2009.)

Rakennusalan perustutkinnon suorittanut ottaa erityisen tarkkaan huomioon työn turvallisuuden, turvallisia työtapoja sekä oikeaa asennetta arvostava työturvallisuuskulttuuri on vasta kehittymässä rakennusosalalle. (OPH 2009.)

Ympäristötietoisuus rakentamisessa edellyttää rakentajilta uusia tietoja esimerkiksi eri materiaalien ominaisuuksista. Rakennusalan ammattilainen osaa vastata asiakkaan kysymyksiin materiaalin tai tuotteen valmistuksen, käytön ja hävittämisen yhteydessä syntyvistä päästöistä ja jäteongelmista. (OPH 2009.)

Rakennusallalla toimivat osaavat käyttää tietotekniikkaa. Lähitulevaisuudessa ollaan tilanteessa, jossa kaikki rakennusalan tieto voi olla ja liikkua osapuolten välillä sähköisenä. Tällaisen tiedonsiirron osaja on alalla etulyöntiasemassa, koska sähköinen tiedonsiirto merkitsee nopeutta ja tietojen tehokasta hyödyntämistä. (OPH 2009.)

Kansainvälistyminen asettaa varsinaisen ammattitaidon lisäksi muita haasteita. Kansainvälisen rakentajan taitoja ovat vieraiden kielten hallinta, kohdemaan kulttuurin ymmärtäminen, palvelualttius, erilaisiin oloihin mukautuminen ja tietotekniikan hallinta oman ammatin lisäksi. (OPH 2009.)

Talonrakennuksen koulutusohjelman suorittanut talonrakentaja osaa tehdä talonrakennustyömaan perustusvaiheen töitä. Hän osaa tehdä ulko- ja väliseinätyöt sekä vesikaton runkotyöt eristystöineen suunnitelmien ja asiakirjojen mukaan. Talonrakentaja osaa käyttää rakennustyömaan perustyövälineitä, oikeita työtapoja ja materiaaleja. Talonrakennuksen koulutusohjelmassa voi erikoistua kirvesmiestöihin, muuraukseen, betonointiin, teräsrakentamiseen, korjausrakentamiseen, kivirakentamiseen, hirsirakentamiseen, mittauksiin tai rakennusalan moniosaajaksi. (OPH 2009, 9 - 10.)

1.1.3 Rakennusalan perustutkinnon muodostuminen

Rakennusalan perustutkinto (120 ov) muodostuu ammatillisessa peruskoulutuksessa ammatillista tutkinnon osista (90 ov), ammattitaitoa täydentävistä tutkinnon osista (20 ov) ja vapaasti valittavista tutkinnon osista (10 ov). Ammatilliset tutkinnon osat jakautuvat talonrakentajan koulutusohjelmassa seuraavasti:

Kaikille pakolliset tutkinnon osat, Perustustyöt 15 ov

Talonrakennuksen koulutusohjelma, Runkovaiheen työt 35 ov

Kaikille valinnaisiin tutkinnon osiin joista valitaan yhteensä 40 ov.

TAULUKKO 1. RAKENNUSALAN PERUSTUTKINNON MUODOSTUMINEN (OPH 2009, 12–16)

AMMATILISESSA PERUSKOULUTUKSESSA
4. Ammatilliset tutkinnon osat, 90 ov
Tutkinnon osiin sisältyy työssäoppimista vähintään 20 ov, yrittäjyyttä vähintään 5 ov ja opinnäyte vähintään 2 ov

4.1 Kaikille pakolliset tutkinnon osat

4.1.1 Perustustyöt, 15 ov

4.2 Talonrakennuksen koulutusohjelma, talonrakentaja

4.2.1 Runkovaiheen työt, 35 ov

4.3 Maarakennuksen koulutusohjelma, maarakentaja

4.3.1 Maarakennustyöt, 35 ov

4.4 Maarakennuskoneenkuljetuksen koulutusohjelma, maarakennuskoneenkuljettaja

4.4.1 Maarakennuskoneiden käyttö, 35 ov

4.5 Kivialan koulutusohjelma, kivirakentaja

4.5.1 Kivituotteet ja – asennus, 35 ov

Valittava yhteensä 40 ov

4.6 Kaikille valinnaiset tutkinnon osat

4.6.1 Sisävalmistusvaiheen työt, 10 ov

4.6.2 Ulkoverhous- ja kattotyöt, 10 ov

4.6.3 Muuraus, 10 ov

4.6.4 Laatoitus, 10 ov

4.6.5 Raudoitus ja betonointi, 10 ov

4.6.6 Rappaus, 10 ov

4.6.7 Muottityöt, 10 ov

4.6.8 Teräsrakentaminen, 10 ov

4.6.9 Teräsohutlevyrakentaminen, 10 ov

4.6.10 Hirsirakentaminen, 10 ov

4.6.11 Korjausrakentaminen, 10 ov

4.6.12 Telinerakentaminen, 10 ov

4.6.13 Ikkunatyöt, 10 ov

4.6.14 Vesirakentaminen, 10 ov

4.6.15 Vedeneristys, 10 ov

4.6.16 Liikennealueiden hoitokoneiden käyttö, 10 ov

4.6.17 Maa-ainesten kuljetus 10 ov

4.6.18 Maa- ja kiviainesten jalostaminen, 10 ov

4.6.19 Kalliorakentaminen, 10 ov

4.6.20 Paaluperustusten rakentaminen, 10 ov

4.6.21 Asfaltointi, 10 ov

4.6.22 Maarakennuskoneen huolto, 10 ov

4.6.23 Maarakennuskoneen käyttö, 10 ov

4.6.24 Maarakennuskoneiden 3D-ohjaus, 10 ov

- 4.6.25 Maaperätutkimukset, 10 ov
- 4.6.26 Piharakentaminen, 10 ov
- 4.6.27 Rakennuskiven laastiasennus, 10 ov
- 4.6.28 Rakennuskiven mekaaninen kiinnitys, 10 ov
- 4.6.29 Tasokiviasennus, 10 ov
- 4.6.30 Ympäristökiviasennus, 10 ov
- 4.6.31 Vuolukiven tuotantotekniikka, 10 ov
- 4.6.32 Kovakiven tuotantotekniikka, 10 ov
- 4.6.33 Luonnonkiven teollisuusautomaatio ja tuotantoprosessit, 10 ov
- 4.6.34 Luonnonkiven muotoon työstö, 10 ov
- 4.6.35 Muistomerkkituotteiden valmistus, 10 ov
- 4.6.36 Luonnonkivitulisijan rakentaminen, 10 ov
- 4.6.37 Luonnonkiven louhint, 10 ov
- 4.6.38 Mittaus, 10 ov
- 4.6.39 Rakentamispalvelut, 10 ov
- 4.6.40 Kuljetusalan perustason ammattipätevyys, 10 ov
- 4.6.41 Tutkinnon osa ammatillisesta perustutkinnosta, 10 ov
- 4.6.42 Tutkinnon osa ammattitutkinnoista
- 4.6.43 Tutkinnon osa erikoisammattitutkinnoista
- 4.6.44 Paikallisesti tarjottavat tutkinnon osat, 0–10 ov

4.7 Muut valinnaiset tutkinnon osat ammatillisessa peruskoulutuksessa, 0 - 10 ov

- 4.7.1 Yrittäjyys, 10 ov
- 4.7.2 Työpaikkaohjaajaksi valmentautuminen, 2 ov
- 4.7.3 Ammattitaitoa syventävät ja laajentavat tutkinnon osat, 0-10 ov
- 4.7.4 Ammattitaitoa täydentävät tutkinnon osat, 0-10 ov
- 4.7.5 Lukio-opinnot, 0-10 ov

4.8 Ammatillista osaamista yksilöllisesti syventävät tutkinnon osat (perustutkintoa laajentavat tutkinnon osat)

- 4.8.1 Yritystoiminta, 10 ov
- 4.8.2 Tutkinnon osat ammatillisista tutkinnoista
- 4.8.3 Ammatillista osaamista yksilöllisesti syventävät
paikallisesti tarjottavat tutkinnon osat ammatillisessa peruskoulutuksessa

5. Ammattitaitoa täydentävät tutkinnon osat ammatillisessa peruskoulutuksessa (yhteiset opinnot), 20 ov		
5.1 Pakolliset tutkinnon osat	Pakolliset	Valinnaiset
5.1.1 Äidinkieli	4 ov	0 – 4 ov
5.1.2. Toinen kotimainen kieli	1 ov	0 – 4 ov
5.1.2.1 Toinen kotimainen kieli ruotsi	1 ov	
5.1.2.2 Toinen kotimainen kieli suomi	2 ov	
5.1.3 Vieras kieli	2 ov	0 – 4 ov
5.1.4 Matematiikka	3 ov	0 – 4 ov
5.1.5 Fysiikka ja kemia	2 ov	0 – 4 ov
5.1.6 Yhteiskunta-, yritys- ja työelämätieto	1 ov	0 – 4 ov
5.1.7 Liikunta	1 ov	0 – 4 ov
5.1.8 Terveystieto	1 ov	0 – 4 ov
5.1.9 Taide ja kulttuuri	1 ov	0 – 4 ov
5.2 Valinnaiset tutkinnon osat		
5.2.1 Ammattitaitoa täydentävien pakollisten tutkinnon osien valinnaiset lisäosat, ks. edellä kohdat 5.1.1–5.1.9		
5.2.2 Ympäristötieto	0 – 4 ov	
5.2.3 Tieto- ja viestintätekniikka	0 – 4 ov	
5.2.4 Etiikka	0 – 4 ov	
5.2.5 Kulttuurien tuntemus	0 – 4 ov	
5.2.6 Psykologia	0 – 4 ov	
5.2.7 Yritystoiminta	0 – 4 ov	
	16 ov	4 ov
<p>Opetuskieleltään ruotsinkielisessä koulutuksessa toisen kotimaisen kielen opintojen laajuus on 2 ov, jolloin pakollisten ammattitaitoa täydentävien tutkinnon osien laajuus on 17 ov ja valinnaisten 3 ov.</p> <p>Liikunnan pakollisten opintojen laajuus on 1 ov ja terveystiedon pakollisten opintojen laajuus on 1 ov. Koulutuksen järjestäjä voi päättää liikunnan ja terveystiedon pakollisten opintojen jakamisesta poikkeavalla tavalla kuitenkin siten, että niiden yhteislaajuus on kaksi opintoviikkoa.</p>		
6. Vapaasti valittavat tutkinnon osat ammatillisessa peruskoulutuksessa, 10 ov		
Tutkinnon osiin sisältyy opinto-ohjausta vähintään 1,5 ov		

Elinikäisen oppimisen avaintaidoilla tarkoitetaan osaamista, jota tarvitaan jatkuvassa oppimisessa, tulevaisuuden ja uusien tilanteiden haltuunotossa sekä työelämän muuttuvissa olosuhteissa selviytymisessä. Ne ovat tärkeä osa ammattitaitoa ja kuvastavat yksilön älyllistä notkeutta ja erilaisista tilanteista selviytymistä. (OPH 2009.)

Elinikäisen oppimisen avaintaidot sisältävät edellisen ammatillisen peruskoulutuksen opetussuunnitelman ja kaikille aloille yhteisen ydinosamisen lisäksi perusopetuksen ja lukion aihekokonaisuuksia sekä Euroopan parlamentin ja neuvoston suosituksia 2005/0221 (COD) elinikäisen oppimisen avaintaidoiksi. (OPH 2009.)

Elinikäisen oppimisen avaintaidot sisältyvät ammattitaitoa täydentävien tutkinnon osien tavoitteisiin ja ammatillisten tutkinnon osien ammattitaitovaatimuksiin ja niiden arviointikriteereihin. Erikseen arvioitava elinikäisen oppimisen avaintaidon arvioinnin kohde sisältää seuraavat elinikäisen oppimisen avaintaidot: oppiminen ja ongelmanratkaisu, vuorovaikutus ja yhteistyö, ammattietiikka sekä terveys, turvallisuus ja toimintakyky. (OPH 2009.)

Elinikäisen oppimisen avaintaitoja ovat

- oppiminen ja ongelmanratkaisu
- vuorovaikutus ja yhteistyö
- ammattietiikka
- terveys, turvallisuus ja toimintakyky
- aloitekyky ja yrittäjäyys
- kestävä kehitys
- estetiikka
- viestintä ja mediaosaaminen
- matematiikka ja luonnontieteet
- **tekniologia ja tietotekniikka**
- aktiivinen kansalaisuus ja eri kulttuurit.

Tekniologia ja tietotekniikka

Opiskelija hyödyntää ammatissa käytettäviä teknologioita [tietomallia] monipuolisesti. Hän ottaa työssään huomioon tekniikan hyödyt, rajoitukset ja riskit. Hän käyttää tietotekniikkaa monipuolisesti ammatissaan ja kansalaisena. Koulutuksen järjestäjä päättää tutkintokohtaisessa opetussuunnitelmassa mitä ja miten oppiminen toteutetaan. (OPH 2009, 18–19).

2 Rakennusalan perustutkinnon ammatilliset tutkinnon osat, ammattitaitovaatimukset ja arviointi tietomallintamisessa

Ammattitaitovaatimukset esitetään tutkinnon perusteissa tutkinnon osittain. Tutkinnon osan arvioinnin kohteet, keskeinen sisältö ja arviointikriteerit on esitetty taulukkomuodossa tutkinnon osittain. Seuraavassa on tarkasteltu niitä tutkinnon osia joihin tai joilla voi olla merkitystä tietomallintamisen kannalta talonrakentajan osaamisvaatimuksiin tai käyttömahdollisuuksiin. Mahdollisuudet on **lihavoitu**.

2.2 Kaikille pakolliset tutkinnon osat

2.2.1 Perustustyöt

Ammattitaitovaatimukset

Opiskelija osaa

- **suunnitella** oman työnsä piirustuksien ja/tai rakennetta koskevan työselityksen [**tietomallin**] avulla
- vastaanottaa, varastoida ja suojata perustustöissä tarvittavia **materiaaleja työmaasuunnitelman** mukaan
- **lukea rakennuspiirustuksia** ja **tehdä** perustustöihin liittyviä **materiaalilaskelmia**
- **tehdä** rakennuksen perustuksiin liittyviä täyttö-, tiivistys-, salaoja-, viemäri-, lämmöneristys- ja vedeneristystöitä
- toimia avustajana kaivuvaiheessa ja tehdä **mittauksia** perusmittavälineillä
- **tehdä** perustuksiin liittyviä anturoiden muotti-, raudoitus-, betonointi-, -purku- ja jälkihoitotöitä sekä asentaa perustuselementtejä ja tehdä perustusten harkko-muurauksia
- tehdä työhönsä liittyviä aloitus- ja lopetustöitä
- huolehtia väliaikaisten LVIS-asennusten kunnosta sekä avustaa LVIS-asennustöissä
- **lajitella jätteet** ja uusiokäyttää materiaaleja
- toimia rakennustyömaan muuttuvissa olosuhteissa ottaa huomioon työmaan muut urakoitsijat ja toimijat sekä rakentamisen **laatuvaatimukset**
- **kehittää omia vahvuuksiaan** tuottavaan toimintaan hyödyntäen työyhteisön asiantuntemusta
- toimia työntekijänä oikeuksiensa, etujensa ja velvollisuuksiensa mukaisesti
- ottaa huomioon työssään **materiaalien ominaisuudet** ja erilaisten **perustusrakenteiden** toiminnan **pääperiaatteet**
- käyttää perustustöiden vaatimia tavallisia työkaluja
- käyttää henkilökohtaisia suojaimia, ottaa huomioon työturvallisuusnäkökohdat ja ylläpitää työkykyä.

Opiskelija osaa käyttää seuraavia työkaluja:

- betonintiivistin (vibra)
- kulmahiomakone
- laastin sekoitin
- maantiivistin
- moottorisaha tai ketjusaha
- nostoapuvälineet
- työmaasirkkeli
- teräsleikkuri
- teräksen taivutin
- paineilmanaulain ja kompressor
- porakone
- poravasara tai piikkauskone
- pyörösaha.

Opiskelijalla on voimassa oleva tulityökortti, työturvallisuuskortti ja perustaidot ensiavun antamisesta.

Arviointi

Taulukkoon on koottu arviointikriteerit kolmelle eri osaamisen tasolle sekä arvioinnin kohteet. Ammatillisessa peruskoulutuksessa arvioinnin kohteet ovat samalla tutkinnon osan keskeinen sisältö.

ARVIOINNIN KOHDE	Arviointikriteerit		
1. Työprosessin hallinta	Tyydyttävä T1	Hyvä H2	Kiitettävä K3
	Opiskelija		
Oman työn suunnittelu ja suunnitelmien tekeminen	suunnittelee ohjattuna omaa työtään	suunnittelee annettujen ohjeiden mukaan oman työnsä	tekee toteuttamiskelpoisen työsuunnitelman itsenäisesti [tietomalliin]
Työn koko-	noudattaa työaikoja ja	noudattaa työaikoja ja	noudattaa työaikoja ja

ARVIOIN- NIN KOHDE	Arviointikriteerit		
1. Työpro- sessin hal- linta	Tyydyttävä T1	Hyvä H2	Kiitettävä K3
	Opiskelija		
naisuuden hallinta	toimii ohjattuna työh- jeiden mukaisesti	annettuja työohjeita	työohjeita sekä neu- vottelee mahdollisista poikkeamista
Taloudelli- nen ja laa- dukas toi- minta	toimii ohjattuna ase- tettujen laatutavoittei- den mukaisesti.	toimii asetettujen laa- tutavoitteiden mukai- sesti.	toimii asetettujen laa- tutavoitteiden mu- kaisesti ja kehittää omaa toimintaansa laatutavoitteiden saa- vuttamiseksi.
ARVIOIN- NIN KOHDE	Arviointikriteerit		
2. Työmene- telmien, - välineiden ja materiaalin hallinta	Tyydyttävä T1	Hyvä H2	Kiitettävä K3

	Opiskelija		
Perustustyö- menetelmi- en hallinta	tekee tavallisimpia perustustöihin liittyviä maarakennus-, vie- märi-, salaoja- ja eris- tystöitä ohjattuna	tekee tavallisimpia perustustöihin liittyviä maarakennus-, vie- märi-, salaoja- ja eris- tystöitä annettujen ohjeitten perusteella	tekee tavallisimpia perustustöihin liittyviä maarakennus-, vie- märi-, salaoja- ja eris- tystöitä piirustusten [tietomallin] mukai- sesti lähes itsenäises- ti

	avustaa mittaustöissä	tekee mittaustöitä perusmittavälineillä ohjattuna	käyttää perusmittavälineitä perustöiden eri vaiheissa [mittatietomallista]
	tekee tavanomaisten anturoiden muotti-, raudoitus-, betonointi-, purku- ja jälkihoito-	tekee tavanomaisten anturoiden muotti-, raudoitus-, betonointi-, purku- ja jälkihoito-	tekee tavanomaisten anturoiden muotti-, raudoitus-, betonointi-, purku- ja jälkihoito-
	toimii muuraustyöryhmän jäsenenä aiheuttamatta häiriötilanteita	muuraa ohjattuna perustusharkkoja valmiiden johteiden mukaisesti	muuraa perustusharkkoja valmiiden johteiden mukaisesti
Perustuselementtien asennuksen hallinta	tekee perustuselementtityöhön liittyviä avustavia tehtäviä	toimii ohjattuna työryhmän jäsenenä perustuselementtejä asennettaessa aiheuttamatta häiriötilanteita	toimii työryhmän jäsenenä perustuselementtejä asennettaessa
Työvälineiden ja materiaalin hallinta	käyttää perustustöissä käytettäviä keskeisiä työvälineitä ja materiaaleja tutuissa työtilanteissa, mutta tarvitsee välillä ohjautusta	käyttää perustustöissä käytettäviä keskeisiä työvälineitä ja materiaaleja tutuissa työtilanteissa	valitsee työhön sopivat työvälineet sekä käyttää työvälineitä ja materiaaleja vaihtelevissa työtilanteissa
	suojaa ja varastoi materiaaleja opastettuna	käyttää materiaaleja huolellisesti ja taloudellisesti ohjeiden mukaan	käyttää materiaaleja huolellisesti ja taloudellisesti itsenäisesti
Jätteen lajittelu	lajittelee jätteet opastettuna.	lajittelee jätteet ohjeiden mukaan.	pitää työympäristön puhtaana ja järjestyksessä

			sessä koko työvaiheen ajan ottaen huomioon kierrätyksen ja lajittelun merkityksen.
ARVIOIN-	Arviointikriteerit		
3. Työn perustana olevan tiedon hallinta	Tyydyttävä T1	Hyvä H2	Kiitettävä K3
	Opiskelija		
Rakennustyömaan vaiheiden tunteminen	tuntee pääpiirteittäin rakennustyömaan valmistumisen vaiheet perustustöistä aina valmiiseen rakenteeseen	tunnistaa rakennustyömaan eri vaiheet siten, osaa varustautua tuleviin työtehtäviin	tuntee työmaan organisaation sekä perustamisen ja ylläpidon niin laajasti, että osaa työskennellä työnjohdon ohjeiden mukaan työtehtävissään
	selvittää opastettuna rakennusalan tyypillisiä yhteistyökumppaneita	selvittää rakennusalan tyypillisiä yhteistyökumppaneita	selvittää rakennusalan tyypillisiä yhteistyökumppaneita ja rakennusalan yritystoiminnan rakenteen
Työmaalla toimiminen	arvioi opastettuna työteon ja yrittäjyyden merkitystä rakennus- alalla	arvioi työteon ja yrittäjyyden merkitystä rakennus- alalla	arvioi kansainvälis-tyvän talouden vaikutuksia rakennusalan yritystoiminnalle
	tietää, miten rakentamisen laatu määritellään ja toimii ohjattuna laatumääräysten mukaisesti	tuntee laatukäsitteen ja tietää, miten oma työ vaikuttaa laatuun	tuntee rakennustyötä ohjaavia määräyksiä ja lainsäädäntöä ja hyödyntää niitä omassa työssään
	osaa tehdä työso- pi-	tuntee työ- lainsäädän-	tuntee työ- lainsäädän-

	<i>muksen</i>	<i>töä ja työehtosopimuksia siinä määrin, että tietää omat oikeutensa ja velvollisuutensa</i>	<i>töä ja työehtosopimuksia ja osaa hyödyntää niitä työssään</i>
<i>Materiaalien - ominaisuuksien tunteminen</i>	<i>tunnistaa yleisimmät perustustöissä käytettävät materiaalit</i>	<i>tietää materiaalien käyttökohteet ja osaa käsitellä niitä</i>	tuntee materiaalien teknisiä ja fysikaalisia ominaisuuksia
	<i>tunnistaa yleisimmät maalajit ja tietää niihin sopivat yleisimmät perustamis- ja rakennuspohjan vahvistamistavat</i>	<i>tuntee eri materiaalien vaikutuksen kuivaamiseen, routimiseen, tiivistettävyyteen ja kantavuuteen</i>	tuntee routa- ja kosteuseristyksen fyysisen toiminnan laatuvaatimukset
<i>Piirustusten - tulkitseminen</i>	<i>osaa rakennustyömaan yleisimmät piirustusmerkinnät.</i>	<i>etsii itsenäisesti piirustuksista omiin työtehtäviinsä liittyviä yksityiskohtia.</i>	lukee perustusrakenteisiin liittyviä rakennuspiirustuksia [tietomallia] siten, että pystyy niiden perusteella tekemään yksinkertaisia materiaalilaskelmia
			lukee työmaan alue-suunnitelmaa siten, että pystyy toimimaan sen mukaisesti.

ARVIOIN-	Arviointikriteerit		
4. Elinikäisen oppimisen avain-	Tyydyttävä T1	Hyvä H2	Kiitettävä K3
	Opiskelija		

<i>taidot</i>			
Terveys, turvallisuus ja toimintakyky	- suhtautuu myönteisesti turvalliseen toimintaan sekä välttää riskejä työssään	vastaa toimintansa turvallisuudesta	kehittää toimintaansa turvallisemmaksi
	noudattaa työstä annettuja turvallisuusohjeita eikä aiheuta vaaraa	noudattaa työyhteisön ohjeita ja ottaa huomioon työssään työyhteisön muut jäsenet	havaitsee ja tunnistaa työhönsä liittyvät vaarat ja ilmoittaa niistä
	käyttää turvallisesti ohjeiden mukaisia suojaimia, työvälineitä ja työmenetelmiä	varmistaa työvälineiden ja materiaalien turvallisuuden sekä poistaa ja vie huoltoon vialliset työvälineet	arvioi suojainten, työvälineiden ja työmenetelmien soveltuvuutta kyseiseen työhön ja huolehtii itsenäisesti työympäristönsä työturvallisuudesta
	ottaa ohjattuna huomioon toiminta- ja työkyvyn ylläpitämisen työssään.	on motivoitunut terveellisten elintapojen sekä toiminta- ja työkyvyn ylläpitämiseen.	on motivoitunut terveellisten elintapojen sekä toiminta- ja työkyvyn itsenäiseen ylläpitämiseen ja edistämiseen.

2.2 Talonrakennuksen koulutusohjelma, talonrakentaja

2.2.1 Runkovaiheen työt

Ammattitaitovaatimukset

Opiskelija osaa

- **suunnitella** työnsä piirustuksien ja/tai rakennetta koskevan työselityksen [**tietomallin**] avulla
- **tehdä materiaali- ja työmenekkilaskelmia** sekä runkorakentamiseen liittyviä **mittauksia** käyttäen perusmittavälineitä, esim. mittanauhaa, vesivaakaa, vaaituskonetta, tasolaseria ja putkilaseria
- tehdä ulko- ja väliseinätyöt sekä vesikaton runkotyöt eristystöineen **suunnitelmien ja asiakirjojen [tietomallin]** mukaan
- vastaanottaa, siirtää ja työstää runkotöissä käytettäviä **materiaaleja**, joita ovat betoni, tiili, puu, teräs tms. yleisesti käytettävä ja **rakennusmääräykset** täyttävä materiaali
- asentaa puuikkunoita ja -ovia
- suullisesti esitellä ja arvioida omaa työtään ja oman työnsä **laatua**
- tehdä työhönsä liittyviä aloitus- ja lopetustöitä
- **lajitella jätteet** ja uusiokäyttää materiaaleja
- ottaa huomioon työssään **materiaalien ominaisuudet ja materiaalien yhteistoiminnan**
- ottaa huomioon **rakenteen toiminnan pääperiaatteet** ja kosteuden sekä ilmaston että vuodenajan vaikutuksen materiaalin toimintaan
- ottaa huomioon myös työmaan muut urakoitsijat ja toimijat
- ottaa huomioon työssään **LVIS-järjestelmät**
- käyttää runkotöiden vaatimia tavallisia työkaluja
- käyttää henkilökohtaisia suojaimia, ottaa huomioon **työturvallisuusnäkökohdat** ja ylläpitää työkykyä
- asentaa **harjakattokaiteet**
- käyttää henkilönostimia
- asentaa **holvireunakaiteet**
- käyttää nosturin ohjausmerkkejä
- pystyttää kaksi metriä korkean telineen
- käyttää tiilileikkuria.

Arviointi

Taulukkoon on koottu arviointikriteerit kolmelle eri osaamisen tasolle sekä arvioinnin kohteet. Ammatillisessa peruskoulutuksessa arvioinnin kohteet ovat samalla tutkinnon osan keskeinen sisältö.

ARVIOIN-	Arviointikriteerit		
1. Työprosessin hallinta	Tvvdvttävä T1	Hvvä H2	Kiitettävä K3
	Opiskelija		

ARVIOIN-	Arviointikriteerit		
1. Työprosessin hallinta	Tvvdvttävä T1 Opiskelija	Hvvä H2	Kiitettävä K3
Oman työn suunnittelu ja suunnitelmien tekeminen	suunnittelee ohjattuna omaa työtään	suunnittelee annettujen ohjeiden mukaan oman työnsä	tekee toteuttamiskelpoisen työsuunnitelman itsenäisesti [tietomalliin]
Työn kokonaisisuuden hallinta	noudattaa työaikoja ja toimii ohjattuna työohjeiden mukaisesti	noudattaa työaikoja ja annettuja työohjeita	noudattaa työaikoja ja työohjeita sekä neuvottelee mahdollisista poikkeamista
Taloudellinen ja laadukas toiminta	toimii ohjattuna asetettujen laatutavoitteiden mukaisesti.	toimii asetettujen laatutavoitteiden mukaisesti.	toimii asetettujen laatutavoitteiden mukaisesti ja kehittää omaa toimintaansa laatutavoitteiden saavuttamiseksi.

ARVIOIN-	Arviointikriteerit		
2. Työmenetelmien, välineiden ja materiaalin hallinta	Tyydyttävä T1 Opiskelija	Hyvä H2	Kiitettävä K3
Runkotyömenetelmien hallinta	toimii avustavana työryhmän jäsenenä aiheuttamatta häiriötilanteita	tekee annettujen ohjeiden mukaan yksinkertaista, laatumääräyksiä täyttävää runkorakennetta	tekee piirustusten [tietomallin] sekä annettujen ohjeiden mukaan yksinkertaista, laatumääräykset täyttävää runkora-

			kennetta
	tekee mittauksia, mutta luotettavuudessa on vielä puutteita	tekee mittauksia ja toimii mittaryhmän jäsenenä sekä ottaa huomioon moduulimittauksen periaatteen	tekee mittauksia itsenäisesti ja luotettavasti
Ovi- ja ikkuna-asennusten hallinta	tekee ovi- ja ikkuna-asennuksiin liittyviä avustavia töitä	asentaa ovia ja ikkunoita ohjattuna	asentaa ikkunoita ja ovia työryhmässä
Työvälineiden ja materiaalin hallinta	käyttää tavallisia talonrakennustyömaan työvälineitä ja materiaaleja tutuissa työtilanteissa mutta tarvitsee välillä ohjausta	käyttää oikeita materiaaleja ja työkaluja työvaiheen mukaisesti tutuissa tilanteissa	valitsee työhön sopivat työvälineet sekä käyttää työvälineitä ja materiaaleja vaihtelevissa olosuhteissa
	suojaa ja varastoi materiaaleja opastettuna.	käyttää materiaaleja huolellisesti ja taloudellisesti ohjeiden mukaan.	käyttää materiaaleja huolellisesti ja taloudellisesti itsenäisesti.
ARVIOIN-	Arviointikriteerit		
3. Työn perustana olevan tiedon hallinta	Tyydyttävä T1	Hyvä H2	Kiitettävä K3
	Opiskelija		
Piirustusten tulkitseminen	tuntee keskeisimmät piirrosmerkinnät	osaa piirustusmerkinnät hakee ohjattuna lupaasiakirjoista omassa työssään tarvitse-	osaa piirustusmerkinnät ja osaa laskea piirustuksista materiaalimenekkiä

		<i>mansa tiedot</i>	<i>tuntee talonrakentamisessa tarvittavien lupa-asiakirjojen ja toteutusasiakirjojen sisällön ja osaa ha-kea niistä omassa työssään tarvitse- mansa tiedot</i>
<i>Materiaalien ominaisuuksien tunteminen</i>	<i>tuntee yleisimmät runko- ja lämmöneristysmateriaalit sekä niiden pääasialliset käyttökohteet</i>	<i>tuntee yleisimpien runko- ja eristysmate- riaalien fysikaalisia ominaisuuksia</i>	<i>tuntee materiaalien fysikaalisia ja palo- tekniisiä ominai- suuksia siinä määrin, että ymmärtää huolel- lisen työn merkityk- sen ja tunnistaa eris- tystyön kriittiset kohdat</i>
<i>LVIS-järjestelmien tunteminen</i>	<i>toimii LVIS-aputöissä annettujen ohjeiden mukaan.</i>	<i>ottaa huomioon talon tekniset järjestelmät (sähkö-, lämmitys-, viemärointi- ja ilmas- tointityöt) pääpiirteis- sään.</i>	<i>ottaa huomioon talon tekniset järjestelmät (sähkö-, lämmitys-, viemärointi- ja ilmas- tointityöt) siten, että osaa työssään varau- tua näiden järjestel- mien asennukseen.</i>
ARVIOIN- NIN KOHDE	Arviointikriteerit		
4. Elinikäisen oppi- sen avain- taidot	Tyydyttävä T1	Hyvä H2	Kiitettävä K3
	Opiskelija		

Terveys, turvallisuus ja toimintakyky	asennoituu myönteisesti turvalliseen toimintaan sekä välttää riskejä työssään	vastaa toimintansa turvallisuudesta	kehittää toimintaansa turvallisemmaksi
	noudattaa työstä annettuja turvallisuusohjeita eikä aiheuta vaaraa itselleen	noudattaa työyhteisön ohjeita ja ottaa huomioon työssään työyhteisön muut jäsenet	havaitsee ja tunnistaa työhönsä liittyvät vaarat ja ilmoittaa niistä
	käyttää turvallisesti ohjeiden mukaisia suojaimia, työvälineitä ja työmenetelmiä	varmistaa työvälineiden ja materiaalien turvallisuuden sekä poistaa ja vie huoltoon vialliset työvälineet	arvioi suojainten, työvälineiden ja työmenetelmien soveltuvuutta kyseiseen työhön
	tuntee runkotyöhön liittyvät turvavaatimukset ja osaa asentaa työssään tarvittavia suojakaiteita, telineitä ja suojauksia ohjeiden ja määräysten mukaisesti	työskentelee turvallisesti ja ottaa huomioon itsenäisesti työympäristössä olevat riskitekijät	huolehtii itsenäisesti työympäristönsä työturvallisuudesta
	ottaa oman työn suunnittelussa huomioon turvallisuus- ja terveysnäkökohtia sekä ylläpitää työympäristön turvallisuutta ja ergonomisuutta tutuissa tilanteissa	ottaa oman työn suunnittelussa huomioon turvallisuus- ja terveysnäkökohtia sekä ylläpitää työympäristön turvallisuutta ja ergonomisuutta	ottaa oman työn suunnittelussa huomioon turvallisuus- ja terveysnäkökohtia sekä ylläpitää työympäristön turvallisuutta ja ergonomisuutta sekä soveltaa oppimaansa yllättävissäkin tilanteissa

Oppiminen ja ongelmanratkaisu	laskee työ- ja materiaalimenekit ohjattuna	laskee työ- ja materiaalimenekit, mutta toteutumassa on vielä poikkeamia	toteuttaa työn lasket- tujen menekkien mukaisesti
Vuorovaikutus ja yhteistyö	ottaa ohjeiden mukaisesti huomioon rakennustyömaan muiden ammattiryhmien toiminnan	ottaa huomioon rakennustyömaan muiden ammattiryhmien toiminnan	ottaa huomioon työs- sään työmaan muun toiminnan ja osaa etsiä tietoa esim. varauksista ja asen- nuksista
	toimii yhteistyössä työryhmän jäsenten kanssa.	toimii rakentavassa yhteistyössä erilaisten ihmisten kanssa ja työryhmässä aktiivisena jäsenenä.	toimii rakentavassa yhteistyössä erilaisten ihmisten kanssa ja työryhmässä aktiivisena jäsenenä sekä edistää työryhmän toimintaa.